



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Karol Patricia Ramirez Amacifuen (ORCID: 0000-0003-3651-6140)

Marie Elionor Paredes Vásquez (ORCID: 0000-0002-7984-5115)

ASESORA:

MSc. Karina Ordóñez Ruíz (ORCID: 0000-0002-5957-2447)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

TARAPOTO – PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente investigación, va dedicada a toda la población Tarapotina, en especial a mis queridos padres Patricia Amacifuen Pinedo, Edwin Ramirez Córdova y mis hermanos Luis Ramirez Amacifuen y Heidy Lucia Ramirez Amacifuen, quienes son el motivo y pilar para mi vida personal y profesional, del mismo modo me brindaron su apoyo incondicional durante todo el proceso de elaboración de dicha tesis.

Karol Patricia Ramirez Amacifuen.

Quiero dedicar esta investigación a mis queridos padres Elionor Vásquez Arévalo y a Berardo Paredes Torres, quienes, con su amor y apoyo incondicional, me motivaron e incentivaron día a día para poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto y lograr todos los objetivos propuestos, la cual me permitirá llegar a ser una gran profesional.

Marie Elionor Paredes Vásquez.

Agradecimiento

Agradesco a Dios, y a mis padres Patricia Amacifuen Pinedo y Edwin Ramirez Córdova; así como también a mis hermanos Luis Ramirez Amacifuen y Heidy Lucia Ramirez Amacifuen, por confiar en mí y brindarme su tiempo y apoyo moral y económico durante el desarrollo de la tesis.

A nuestros amigos y docentes que estuvieron apoyándonos constantemente y por estar presentes en cada una de las facetas del proyecto, aún en los momentos más difíciles.

Karol Patricia Ramirez Amacifuen.

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar la presente tesis, así mismo a mis padres; Elionor Vásquez Arévalo y Berardo Paredes Torres, y hermanos Luis Andrey Paredes Vásquez, por impulsar mi crecimiento como persona y profesional. Del mismo modo a nuestro asesor el Ing. Jorge Paz Urrelo, de igual manera a la Blga. Delia Portella Melgarejo, al Ing. Fernando Vásquez Vásquez y a todos nuestros docentes, que nos formaron para nuestra vida profesional, así mismo por la preocupación y dedicación en el transcurso del desarrollo de la tesis con cada uno de sus consejos adquiridos; y también a nuestros amigos por brindarnos su tiempo y apoyo en el transcurso del proyecto.

Marie Elionor Paredes Vásquez.

Página del jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Karol Patricia Ramirez Amacifuen** cuyo título es: “Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”,

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14.

Tarapoto, 3 de Julio del 2019



M. Sc. Karina M. Ordóñez Ruiz
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 109582


PRESIDENTE



Karla Luz Mendoza López
ING. AMBIENTAL
CIP. 122149

SECRETARIO




VOCAL
JORGE L. PAZ URRELO
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 120044



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---



El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Marie Elionor Paredes Vásquez** cuyo título es: “**Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018**”,

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15.

Tarapoto, 3 de Julio del 2019



M.Sc. Karina M. Ordóñez Ruiz
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 108582
.....
PRESIDENTE



Karla Luz Mendoza López
ING. AMBIENTAL
CIP. 122149
.....
SECRETARIO


.....
VOCAL
.....
JORGE L. PAZ URRELO
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 120044



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

Declaratoria de autenticidad

Yo **KAROL PATRICIA RAMIREZ AMACIFUEN**, identificada con DNI N° 72743847, estudiante de la escuela académico profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: **“Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”**.

Declaro bajo juramento que:

La Tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Tarapoto, junio de 2019.



.....
Karol Patricia Ramirez Amacifuen

DNI N° 72743847

Declaratoria de autenticidad

Yo **MARIE ELIONOR PAREDES VÁSQUEZ** identificada con DNI N° 71417431, estudiante de la escuela académico profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: **“Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”**.

Declaro bajo juramento que:

La Tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Tarapoto, junio de 2019.



.....
Marie Elionor Paredes Vásquez

DNI N° 71417431

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	33
2.1. Tipo de diseño de investigación	33
2.2. Operacionalización de variables	34
2.3. Población, muestra, muestreo y criterios de selección.....	38
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	41
2.5. Método de análisis de datos	42
2.6. Aspectos éticos.....	47
III. RESULTADOS.....	48
IV. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	61
ANEXOS	71
Matriz de consistencia	72
Instrumento de recolección de datos	76
Validación de instrumento.....	79
Resultados de laboratorio	83
Análisis de la eficiencia de remoción del sistema de biofiltro con macrófitas acuáticas ..	100
Panel fotográfico.....	111
Autorización para la publicación electrónica de la tesis.....	123
Acta de aprobación de originalidad de tesis	127
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	130

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la <i>Pistia stratiotes</i>	18
Tabla 2. Clasificación Taxonómica del <i>Eichhornia crassipes</i>	21
Tabla 3. Distribución de estratos del filtro.....	39
Tabla 4. Taxonomía de las especies macrófitas.....	40
Tabla 5. Remoción de contaminantes microbiológicos del vertimiento y salida del filtro de aguas residuales domésticas.....	48
Tabla 6. Remoción de contaminantes microbiológicos de la especie macrófita <i>Pistia stratiotes</i> en un sistema de biofiltro.....	49
Tabla 7. Remoción de contaminantes microbiológicos de la especie macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> en un sistema de biofiltro.....	50
Tabla 8. Remoción de contaminantes químicos del vertimiento y salida del filtro de las aguas residuales domésticas.....	51
Tabla 9. Remoción de contaminantes químicos de la especie macrófita <i>Pistia stratiotes</i> en un sistema de biofiltro.....	52
Tabla 10. Remoción de contaminantes químicos de la especie macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> en un sistema de biofiltro.....	54
Tabla 11. Análisis del pH en un evaluación inicial y final del sistema de biofiltro con especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	55
Tabla 12. pH de los LMP para aguas residuales domésticas.....	55
Tabla 13. Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P1 y P2 - filtro.....	101
Tabla 14. Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P3 y P4 – Reactor 2 y 3.....	102
Tabla 15. Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P5 y P6 – Reactor 2 y 3.....	103

Tabla 16. Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P7 y P8 – Reactor 2 y 3.....	104
Tabla 17. Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 24 horas de la incorporación del agua residual al sistema.....	105
Tabla 18. Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 72 horas de la incorporación del agua residual al sistema.....	107
Tabla 19. Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 144 horas de la incorporación del agua residual al sistema.....	108
Tabla 20. Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 216 horas de la incorporación del agua residual al sistema.....	110
Tabla 21. Materiales utilizados para la elaboración del sistema de biofiltro.....	115
Tabla 22. Análisis físico, químico y microbiológico.....	119

Índice de figuras

Figura 1. Taxonomía de las macrófitas acuáticas flotantes <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Pistia stratiotes</i>	17
Figura 2. Partes de la <i>Pistia stratiotes</i>	19
Figura 3. Morfología de <i>Eichhornia crassipes</i>	22
Figura 4. Sección transversal donde se observan los espacios llenos de aire.....	22
Figura 5. Morfología del <i>Eichhornia crassipes</i> que diferencia del <i>Pistia stratiotes</i> por tener los peciolos esponjosos y con espacios llenos de aire.....	23
Figura 6. Procesos de fitorremediación para degradación de contaminantes en aguas residuales.....	27
Figura 7. Toma de muestra del efluente de aguas residuales domésticas.....	43
Figura 8. Toma de muestra de la salida del filtro.....	44
Figura 9. Toma muestra de la salida del sistema de biofiltro con <i>Pistia stratiotes</i>	44
Figura 10. Toma de muestra de la salida del sistema de biofiltro con <i>Eichhornia crassipes</i>	45
Figura 11. Punto de vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Tarapoto (Jr. Prolongación Jorge Chávez 795 Barrio Huayco).....	112
Figura 12. Zona de estudio (Prolongación alerta).....	112
Figura 13. Medidas del filtro (primer reactor).....	113
Figura 14. Medidas del segundo y tercer reactor con macrófitas acuáticas.....	114
Figura 15. Sistema de distribución con materiales de PVC y vidrio.....	114
Figura 16. Trabajo de laboratorio.....	120
Figura 17. Obtención de datos de pH y temperatura de aguas residuales.....	120
Figura 18. Instalación del sistema de biofiltro.....	121
Figura 19. Sistema de biofiltro.....	121

Figura 20. Estratos filtrantes utilizados en el sistema.....	121
Figura 21. Recipiente principal (filtro con agua residual).....	122
Figura 22. Segundo recipiente con <i>Pistia stratiotes</i>	122
Figura 23. Tercer recipiente con <i>Eichhornia crassipes</i>	122

Resumen

Uno de los principales problemas ambientales en la ciudad de Tarapoto son las descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua, así como el río Shilcayo que tiene una gran importancia para la población tarapotina, ya que es un lugar de recreación y la principal fuente de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, se puede observar que día a día está siendo contaminada debido a la falta de tratamiento de aguas residuales.

Por tal motivo, el trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar las especies macrófitas acuáticas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas. El diseño utilizado es cuasi experimental desarrollando así evaluaciones poco convencionales. Del mismo modo, las especies flotantes son colocadas en 2 recipientes de vidrio posteriores al primer tratamiento, dejándolas actuar durante 9 días, que consta de 4 monitoreos en un intervalo de tiempo de 72 horas cada una desde la primera toma de muestra.

Durante la ejecución se realizaron un total de 8 tomas de muestras, donde, posterior a los análisis de laboratorio se obtuvo que la mayor remoción de los parámetros químicos fue por la *Pistia stratiotes* con un promedio total de remoción 81.008%. Sin embargo en los parámetros microbiológicos el *Eichhornia crassipes* demostró tener mayor eficiencia en la remoción, obteniendo un promedio total de remoción de 99.999999999856%.

En conclusión, la aplicación de un sistema de biofiltro conformado por estratos filtrantes y especies macrófitas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* es eficiente, ya que remueve los contaminantes químicos y microbiológicos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, teniendo en cuenta que mediante los resultados obtenidos la *Pistia stratiotes* tiene una mayor remoción de contaminantes químicos y el *Eichhornia crassipes*, en contaminantes microbiológicos.

Palabras claves: Tratamiento de aguas residuales, Macrófitas acuáticas flotantes, Sistema de biofiltro.

Abstract

One of the main environmental problems in the city of Tarapoto is the discharges of sewage into the bodies of water, as well as the Shilcayo River that is of great importance for the Tarapotine population, since it is a place of recreation and the main source of Potable water supply. However, it can be seen that the day to day is being contaminated due to the lack of wastewater treatment.

For this reason, the research work aimed to evaluate the floating aquatic macrophyte species *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* in the removal of microbiological and chemical contaminants through a biofilter system in domestic wastewater. The design used is quasi-experimental, thus developing unconventional evaluations. Similarly, the floating species are placed in 2 glass containers after the first treatment, leaving them to act for 9 days, consisting of 4 monitoring in a time interval of 72 hours each from the first sampling.

During the execution a total of 8 samples were taken, where, after the laboratory analysis, it was obtained that the greatest removal of the chemical parameters was by *Pistia stratiotes* with a total average of 81.008% removal. However, in the microbiological parameters, *Eichhornia crassipes* proved to be more efficient in removal, obtaining a total average removal of 99.99999999856%.

In conclusion, the application of a biofilter system consisting of filter strata and aquatic macrophyte species *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* is efficient, since it removes the chemical and microbiological contaminants found in domestic wastewater, taking into account that through the results obtained *Pistia stratiotes* has a greater removal of chemical contaminants and *Eichhornia crassipes*, in microbiological contaminants.

Keywords: Wastewater treatment, floating aquatic macrophytes, biofilter system.

I. INTRODUCCIÓN

Para la presente investigación se tuvo en cuenta la **realidad problemática**, donde se inicia haciendo mención que: La contaminación hídrica es una de las problemáticas de rango mundial, que ha constituido grandes problemas socioambientales, teniendo en cuenta, que, en la mayor parte del mundo, la fuente de contaminación de los ríos, arroyos, quebradas, entre otros, son los vertidos de aguas residuales domésticas no tratadas o semi tratadas, a causa de la creciente urbanización, de la falta de tecnologías de tratamiento y la gestión inadecuada; siendo el factor principal el capital económico, como es en el caso de Pakistán, según los autores PÉREZ et al. (2009) y MUMTAZ et al. (2015). Ante esto, YEE-BATISTA (2013) atestigua que el 70% de las aguas residuales en Latinoamérica no son tratadas; son extraídas, usadas y devueltas completamente contaminadas a los ríos. Esto afectó directamente el ecosistema acuático, al provocar la muerte y reducir el ciclo de vida de las especies vegetales y animales, como peces, crustáceos y mamíferos. Asimismo, según el diagnóstico realizado por la SUNASS (2015), menciona, que, de las 204 Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) existentes en el país, solo 163 son operativas, de las cuales, 32 están en construcción y 9 paralizadas por un año. De tal manera, las 89 localidades administradas por Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) no cuentan con una PTAR y que más del 90% no cumplen con la normativa vigente para el vertimiento y reúso las aguas negras o grises de una localidad o ciudad. Esto quiere decir, que los esfuerzos del estado aún son insuficientes para contrarrestar esta problemática en la mayoría de las regiones del país, por no contar con un tratamiento completo o solo disponer de fosas o estanques de empozamiento, generando altos índices de contaminación hídrica, atmosférica, deterioro del suelo, extinción de la flora y fauna silvestre, proliferación de especies invasoras y enfermedades hacia la población adyacente.

A raíz de esta problemática, se han propuesto nuevas tecnologías, que solucionen y disminuyan el impacto ambiental provocado por la falta de tratamiento de aguas residuales. La cual, está basado en un biofiltro o también conocido como humedal artificial, donde las aguas residuales pre tratadas, son absorbidas por un lecho filtrante, que, al contacto de los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, depuran las aguas servidas, como también por la filtración y sedimentación de materia orgánica (WSP

GROUP, 2006). Los autores BRIX y SCHIERUP (1989), indican que estos sistemas salen a la luz con el fin de utilizar la capacidad de purificación del hidrosistema, a través de las plantas acuáticas (macrófitas acuáticas). Por lo que CELIS, JUNOD y SANDOVAL (2005), nos indican que las macrófitas acuáticas flotantes, han demostrado mecanismos de fitorremediación de las aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica (MO) y sustancias tóxicas. Teniendo como función la absorción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), fosfatos (PO_4^{-3}), nitratos (NO_3^-), como también metales pesados (MARTELO y LARA, 2012). A través de diversos procesos físicos, químicos y biológicos, en donde el afluente se depura de manera progresiva y lenta, de acuerdo al desarrollo de las especies (DELGADILLO et al, 2010). De tal manera, son utilizadas como alternativas para disminuir la contaminación de los recursos naturales.

Tarapoto forma parte de los distritos de la provincia de San Martín que se caracteriza por su gran biodiversidad biológica que pose, sin embargo, el crecimiento poblacional y económico ha provocado el deterioro de la misma. Siendo la problemática principal la falta de mantenimiento o tratamiento de aguas servidas, generando la expansión de patógenos por criaderos de vectores y la degradación del entorno natural. Es por ello, que el trabajo de investigación se basa en evaluar la capacidad de remoción de los contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos del medio acuoso, mediante la utilización dos especies macrófitas acuáticas *Pistia stratiotes* (Repollito de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en un sistema de biofiltro, donde se identificará la eficiencia de estas especies para un tratamiento de aguas residuales domésticas.

La investigación también está compuesta por el desarrollo de los **antecedentes**, donde podemos encontrar contextos a nivel internacional y nacional; dichos antecedentes internacionales manifiestan lo siguiente: CARREÑO, Uriel. (2016), en su artículo científico: *Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembre a través de la Eichhornia crassipes*, los autores llegaron a la conclusión que a través del diseño de un biosistema de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio con la especie macrófita *Eichhornia crassipes*, se comprueba que es una alternativa eficiente. Así mismo su uso e implementación es accesible, ya que dicha especie macrófita se encuentra en abundancia y puede ser utilizada para la retención de metales pesados y materia orgánica. Mediante la ejecución del proyecto se obtuvo una

alta remoción de contaminantes, sin embargo no se logró cumplir con la 631 de 2015, debido a la alta concentración de cromo que se encuentran en dichas curtiembres, por tal motivo se debe realizar otras investigaciones para cumplir el objetivos propuestos. Por otra parte CASTAÑEDA, Aldo y FLORES, Hugo (2013), elaboraron el artículo científico que lleva como título: *Tratamientos de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en los Altos de Jalisco, México*, donde concluyeron que aquellas bacterias que se encuentran en las raíces de las macrófitas estudiadas, ayudan en la remoción de la carga orgánica y nutrientes de dichas aguas, disminuyendo así la concentración de contaminantes; también las condiciones climatológicas son un factor importante en dicha remoción ya que en las estaciones calurosas se obtuvo mayor porcentaje de efectividad. Seguido, CHANDRA, Pakanati, VINUPRAKASH, K. y ARUN, Sija. (2018), con el artículo: *Treatment of domestic wastewater using vermi – biofiltration system with and without wetland plants*, concluyeron que el dicho estudio ofrece la oportunidad de conocer la efectividad de la biofiltración con y sin plantas de humedales para el tratamiento de aguas residuales domésticas. De igual manera, el reactor de biofiltración con plantas de humedales fue más rápido y eficiente de tratar los contaminantes, que, la biofiltración de vermis del reactor sin plantas de humedales; este estudio involucra el uso de diferentes tamaños de grava, fibra de coco, suelo de algodón negro y biomasa viva de lombrices de tierra, que actúa como medio filtrante para una remoción eficiente. Continuando con los autores, LEÓN, Robert. (2017): *Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras*. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, concluyó que mediante ensayos realizados en laboratorio, las plantas lograron eliminar por completo a la bacteria que se encuentra involucrada en las aguas negras estudiadas, la cual las hace eficientes en su capacidad de remoción, de igual modo que las bacterias y los coliformes viven en colonias asociadas de forma natural con *E. crassipes* lo que inviabiliza su uso en fitorremediación de aguas negras, cabe recalcar que las plantas utilizadas para la fitorremediación de aguas negras eran capaces de eliminar a la *E. coli* que habita en ellas, pero en la eliminación de los coliformes se obtuvieron varios niveles de eficacia que *S. auriculata* igual *A. caroliniana* lograron remover el 100% de los coliformes y el resto niveles menores de eficiencia. En cuanto a MARTELO, Jorge y LARA, Jaime. (2012), en su artículo científico denominado: *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte*, llegaron a la

conclusión que la mayor parte de las macrófitas flotantes demostraron una alta eficiencia de remoción de todos los constituyentes de aguas residuales, siendo el *Eichhornia crassipes* la especie de mayor uso. Así también los criterios de diseño utilizados en el sistema de tratamiento de aguas residuales con macrófitas flotantes varía de acuerdo al modelo que pueda ser empleado; sea filtro de macrófitas en flotación, sistema con especies flotantes o humedales de tratamiento con macrófitas flotante emergentes, sin embargo la eliminación periódica de plantas es fundamental para una óptima eficiencia de remoción, la cual puede convertirse en un factor limitante para el proceso, si no se realiza la disposición adecuada de la cosecha. MENDOZA, Lissette y FUENTES, Natalia. (2016), con su artículo: *Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos*, llegaron a la conclusión que las especies *E. foetida* y la *E. crassipes* poseen gran capacidad en la reducción de la carga orgánica, que se encuentran presente en efluentes de las aguas residuales domésticas, sabiendo que el tratamiento de dichas agua se da mediante un sistema de biofiltro dinámico aeróbico de flujo vertical con lechos de *E. foetida*, junto con un sistema de flujo horizontal con *E. crassipes*, aumentando las tasas de remoción de materia orgánica, patógenos y nutrientes. De tal manera, obtuvieron una mejor calidad del efluente. Consiguientemente MENDOZA, Yoma, PÉREZ, Jhonny y GALINDO, Andres. (2018), mediante su artículo científico: *Evaluación del aporte de las plantas acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el tratamiento de Aguas Residuales Municipales*, concluyeron que no existe un aporte significativo de las plantas estudiadas, ya que la *Pistia stratiotes* (M4) poseen mayor eficiencia de un 100% de cobertura en el microcosmo, seguido del microcosmo que poseía el 50% de cobertura con la misma especie (M1), y en un tercer lugar el microcosmo M5 (100% *Eichhornia crassipes*), sin embargo los microcosmos especialmente aquellos con cobertura de *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* alcanzaron una eficiencia de remoción de 78,5%; 79,1%; 76,2% y 99,9% para NO_2^- , DBO_5 , Demanda Química de Oxígeno y Coliformes Totales respectivamente; siendo lo contrario para el NH_4^+ , PO_4^{3-} y NO_3^- , donde se obtuvo eficiencias de 8,6%; 51,6% y 24,9%, respectivamente. En la remoción de los CF y CT se obtuvo el 99% de eficiencia incluso en el control, ya que se puede observar que en los humedales construidos para la investigación hubo un gran aporte de las plantas las cuales realizaron los procesos de remediación; de igual manera son sistemas de fácil acceso de operación y posee un bajo costo, ya que ofrece una

alternativa viable de tratamiento de aguas residuales, la cual ayuda en la disminución de cantidades importantes la carga orgánica. Seguidamente PÉREZ, Elena [et al]. (2009), en el artículo titulado: *Aquatic macrophytes tolerance to domestic wastewater and their efficiency in artificial wetlands under greenhouse conditions*, se concluyó que en los sistemas utilizados con plantas y grava, lograron remover los fosfatos entre 99 y 100% y el amoníaco entre 96 y 98% respectivamente, mientras que de los coliformes fecales se logró disminuir de manera uniforme en todos los sistemas entre 98.5 y 98.7%, así mismo se obtuvo que el soporte (grava triturada) fue el principal responsable de la remoción de fosfatos y amoníaco a un 98% en un tiempo de 48 horas consecutivamente, debido a la capacidad de intercambio iónico que posee, sin embargo se tiene en cuenta que las tres especies (*Eleocharis densa*, *Schoenoplectus tabernaemontani* y *Schoenoplectus americanus*) son apropiadas para un sistema de humedales, ya que tienen la facilidad para propagarse y establecerse dentro del medio. Cabe mencionar que REZANIA, Shahabaldin [et al]. (2015), mediante su artículo científico: *The efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system*, se llegó a la conclusión que el tratamiento de fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, redujo los parámetros de DO, DQO, DBO. (NH₃-N) y TSS, sin embargo el aumento de los niveles de CO₂ de la fotosíntesis y las actividades microbianas, han desempeñado un papel clave en cuanto a los resultados, lo cual se redujo del 38% al 96% respectivamente, por lo que la mayor reducción estuvo en el rango de 13 al 17, pero el resultado óptimo de los parámetros en estudio, se registró el día 14 en un sistema continuo. Así también TORRES, Guillermo. (2014): *Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros*. (Tesis de doctorado). Universidad de Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, España, concluyó que el tratamiento de biofiltros de balsa, posterior al tratamiento avanzado de oxidación, ha mostrado ser eficiente en la remoción de carga materia orgánica, disminuyendo la DBO₅ de 58.5 a 9 mg/L, así mismo la combinación del tratamiento de Fenton seguida de un biofiltro de balsa, permite reducir la DQO y DBO₅ y obtener mejores resultados con una dosis hasta 50 mM H₂O₂ + 1,5 Mm Fe (II) 60°C durante 1 hora de reacción, sin embargo la aplicación de un biofiltro de balsa posterior al tratamiento de Fenton, permite lograr valores por debajo de los permitidos a un coste menor. Esto no ocurre en el sentido contrario, es decir, aplicando biofiltros y luego tratamiento de Fenton. En cuanto a VALIPOR, Alireza, KALYAN, Venkatraman y AHN, Young – Ho. (2015), en

su trabajo científico: *Effectiveness of domestic wastewater treatment using a Bio-Hedge wáter hyacinth wetland system*, pudieron llegar a la conclusión que el estudio destaca el rendimiento de un sistema mejorado de fitorremediación del *Eichhornia crassipes* conjunto con el crecimiento microbiano en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con una profundidad de 150 mm, también el sistema también proporciona una mejor eficiencia de transferencia de oxígeno para mantener altos niveles de microflora aeróbica para la degradación de muchos contaminantes, especialmente en las regiones tropicales, de tal modo el sistema fue capaz de lograr la remoción a un 79% DQO y a un 86% DBO₅ respectivamente, con tiempo de retención hidráulica de 14 horas. También se registró una alta acumulación de nitrógeno y fósforo en la planta, contemplados con una alta productividad.

En el contexto nacional, el autor CAMPOS, Christian. (2017): *Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja – Motupe 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú, concluyó que un biofiltro con Eneas es una alternativa de solución limpia y económica para la reutilización de las aguas negras o grises en la actividad de regadío, este sistema es de bajo costo de instalación, operación y mantenimientos bajos, de fácil diseño y construcción, dichos biofiltros son eficientes en la depuración de la DBO, los SST, metales y otros compuestos orgánicos de las aguas residuales domésticas, donde la remoción de nitrógeno y fosforo a un nivel bajo es también posible, por el cual requiere un mayor tiempo de retención. Siendo esta una técnica viable para las pequeñas comunidades vulnerables a la contaminación por vertimiento de aguas residuales, las cuales carecen de personal especializado para el mantenimiento de los humedales artificiales. Seguidamente CASTILLO, Eisner. (2017): *Eficiencia de Lemna sp y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, tuvo como conclusión que el tanque de distribución (PM1) registra un pH de 7.66, en el tratamiento con *Lemna sp* (PM2) registra un valor de 8.08 y en el tratamiento con *Eichhornia crassipes* (PM3) un valor de 7.25; siendo encontrados dentro de los límites permitidos de 6.5 y 8.5. Así mismo la temperatura (T°) en el tanque de distribución (PM1) registró un valor de 19.02 °C, mientras que en el tratamiento con *Lemna sp* (PM2) se registró un valor promedio de 18.63 °C; con una ligera variación de la temperatura, la cual se encuentra dentro del

rango aceptable para el crecimiento adecuado de dichas especies. También el oxígeno disuelto (OD) en el tanque de distribución (PM1) obtuvo un promedio de 1.48 mgO₂/l, por otro lado al aplicar un estímulo o tratamiento se registra un incremento para las dos especies, donde la *Lemna sp* (PM2) obtuvo un 2.51mgO₂/l que representa un incremento de 70% y al aplicar la *Eichhornia crassipes* (PM3) se registró un a 3.06 mgO₂/l que representa un incremento de 107%; mejorando de esta manera las condiciones de oxigenación en ambos sistemas. De tal modo CORONEL, Elver. (2016): *Eficiencia del jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Chachapoyas, 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú, concluyó que las especies estudiadas en la investigación, tienen una mayor depuración de compuestos fisicoquímicos y comunidades microbiológicas, ya que el *Eichhornia crassipes* obtuvo una eficiencia de remoción del 88.24%, mientras que *Lemna minor* lo hizo a un 81,24%. Igualmente GARAY, Juan. (2016): *Biosistema para purificar aguas residuales del beneficio húmedo del café del distrito la Coipa en la región Cajamarca 2014*. (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, se llegó a la conclusión que el biosistema que se instaló en las fincas del caserío Llano Grande, logró descontaminar el agua residual, reduciendo su concentración durante 50 días hasta un 98 ppm DBO y 148 ppm SST, en los meses de abril a setiembre, por lo tanto la instalación de un biosistema con la especie macrófita *Eichhornia crassipes*, es una alternativa de tratamiento secundario la cual elimina los sólidos disueltos y disminuye la DBO, considerando su gran capacidad de eliminación de contaminantes orgánicos y su accesibilidad económico que esta posee. GARCIA, Zarela. (2012): *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, concluyó que la especie *Eichhornia crassipes* en un tratamiento de aguas residuales doésticas, es eficiente, ya que logró la remoción de nutrientes que a un 52% del Fósforo Total y 86% del Nitrógeno Amoniacal, en un periodo de retención de 5 días; en cambio en parámetro microbiológico DBO₅ se presentó una remoción de 26.7% en un periodo de dos días y medio, es por ello que la *Eichhornia crassipes* se le considera como una de las especie pioneras en actuar en los procesos de fitorremediación de aguas residuales debido a su capacidad depuradora de

contaminantes. Seguido QUISPE, Lizbeth [et al] (2017), con el artículo científico: *Eficiencia de la especie macrófita Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental*, se obtuvo una eficiencia en la remoción de un 31% de los parámetros físico químico (oxígeno disuelto (mg/L), conductividad (Us/cm), pH, turbiedad (UNT), temperatura (°C), DBO₅ (mg/L), DQO (mg/L), fosfato (mg/L) y plomo total), en cuanto al crecimiento del *Eichhornia crassipes*, fue más rápido en comparación con las especies del invernadero, ya que, dentro del sistema el crecimiento se duplicó en 15 días y en el vivero demoró 3 – 4 semanas, durante dos meses. Finalmente RODRÍGUEZ, María y GARCÍA, Karen (2012).: *Depuración de agua servida, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba -2011*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú, se concluyó que la *Eichhornia crassipes*, demostrara ser la especie con mayor eficiencia en un tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a su alta capacidad de depuración, la cual remueve a un 85.5% de Coliformes Totales, 77.7% de Nitratos, 73.5% de Coliformes Termotolerantes, 66.1% de la DBO₅, y un 20.60% para los Sólidos Suspendidos Totales, sin embargo los factores externos como las radiaciones electromagnéticas, la temperatura, la presencia de plagas y las altas concentraciones de desinfectantes, afectan la actividad de remoción de la especie *Pistia stratiotes*, al ser vulnerable en el transcurso del proyecto, en la cual se obtuvo un 65.6% de Nitratos, 63.8% de BBO₅ y un 62.8% de Coliformes Totales, por tal motivo el tratamiento que constituye ambas especies, indicó la disminución de la actividad depuradora de la *Pistia stratiotes* reincidiéndolos en los Nitratos con un 77.6%, a causa del ataque de plagas transferidas por *Eichhornia crassipes*.

Siguiendo con la estructura del desarrollo de tesis, tenemos como tercer ítem las **teorías relacionadas al tema**, donde se menciona los diversos componentes de investigación, considerando así el **agua**, donde los autores TOXQUI Y BAQUERO (2012) hacen mención que el agua es una sustancia en estado líquido fundamental para la vida de los seres vivos, la cual cuenta con un sinnúmero de propiedades debido a la composición y estructura que ella posee, cabe mencionar que dicho compuesto químico se forma a partir de la unión de dos átomos de hidrógeno (H) y una de oxígeno (O), obteniendo así, su fórmula molecular: H₂O. Esta sustancia líquida proveniente de los ríos, aguas subterráneas, agua de lluvia, entre otros, aportan propiedades organolépticas y nutritivas

y se caracterizan de manera física y química. Por otro lado LARIOS, GONZALES Y MORALES (2015) dan a conocer que las fuentes de las aguas del Perú nacen en sus altas montañas, sin embargo, estas están próximas a la explotación minera, la cual se deja expuesta a un alto peligro de contaminación con grandes cantidades de metales pesados provenientes de dicha actividad extractiva, perjudicando a la salud de los pobladores y afectando la producción agropecuaria, ya que dichas aguas sirven como abastecimiento para la población rural y urbana.

Aguas residuales

MUMTAZ et al. (2015) define las aguas residuales como aquellas sustancias líquidas cuya calidad se ve afectada debido a las actividades humanas, alterando su composición natural del agua mediante la introducción de contaminantes físicos, químicos y biológicos. Estos residuos líquidos son provenientes de las descargas domésticas, comerciales, industriales o agrícolas, las cuales pueden abarcar una amplia gama de contaminantes y concentraciones potenciales. Entre las más comunes encontramos a las aguas residuales municipales que están compuestas de contaminantes resultantes de la mezcla de aguas residuales de diferentes fuentes, de igual manera las aguas residuales urbanas contienen 99% de agua y el 1% de otros materiales. Los posibles contaminantes que se encuentran en ella incluyen patógenos, aceites y grasas, metales, materia orgánica (OM), sólidos y nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo (P). Por otro lado, DÍAZ, ALAVARADO y CAMACHO (2012) señalan que las aguas residuales es producto de las actividades del hombre donde se introduce materias contaminantes o diversas formas de energía en el agua de ya sea de manera directa o indirecta, ocasionando así, un impacto negativo en la calidad de los ecosistemas. Dichas aguas poseen compuestos físicos, químicos y biológicos, donde se encuentra una mezcla de materia orgánica e inorgánica, sólidos suspendidos o disueltos; las cuales, son generadas por las actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Características de aguas residuales

Las aguas residuales también conocidas como aguas grises o negras, son todas aquellas que componen diferentes características, debido a la alteración de su composición natural, debido a ello METCALF Y EDDY (1995) hace mención a los siguientes tipos:

- Característica física: Sólidos totales, olor, temperatura, densidad, color, turbiedad.

- Característica química: Materia orgánica, materia inorgánica, gases.
- Característica biológica: Microorganismos biológicos, organismos patógenos, toxicidad del agua, organismos indicadores.

Tratamiento de aguas residuales

GONZÁLEZ et al. (2014), indica que el tratamiento de aguas residuales es todo aquel proceso físico, químico y biológico que tiene como finalidad eliminar los contaminantes que se encuentran en ella, para que de esa manera se disminuya el impacto en los cuerpos receptores, la proliferación de enfermedades y el deterioro de vegetación en los lugares aledaños al efluente. Dicho tratamiento de aguas residuales debe tener como resultado un agua con parámetros adecuados para su vertimiento. Del mismo modo LARIOS, GONZALES Y MORALES (2015) hacen mención que dicho tratamiento es un método de gran importancia, ya que el agua residual puede volver a utilizarse como alternativa para la solución para la contaminación hídrica que las aguas residuales ocasionan, afectando la salud pública. Bien se sabe que el abastecimiento inadecuado de agua ocasiona enfermedades como la hepatitis, cólera, gastroenterocolitis, etc. Es por ello, que el tratamiento de aguas negras requiere un diseño de legislaciones para llevar a cabo el saneamiento ambiental, ya que bien se sabe que las aguas servidas son originarias de la actividad doméstica, agrícola e industrial y requieren de una planta de tratamiento para una adecuada disposición final.

El tratamiento de aguas residuales domésticas tiene el objetivo de eliminar los contaminantes presentes en el medio acuoso; de esta manera cumplir con la normativa y estándares nacionales e internacionales, a través de la obtención de la calidad de las aguas residuales, que se encuentran dentro de los valores máximos permisibles. Cabe recalcar que existen diversos tipos de contaminantes presentes en dichas aguas, de igual forma diversos tratamientos, técnicas y alternativas de solución para dicha problemática (DÍAZ, ALAVARADO y CAMACHO, 2012).

Para llevar a cabo un tratamiento, se debe cumplir con la legislación correspondiente, en la cual, el MINAM (2005) y MINAM (2010), nos señalan:

Ley General del Ambiente

En el capítulo 3, art. 121 del vertimiento de aguas residuales, recalca que el Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para

el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) correspondientes y las normas legales vigentes. Así mismo, se indican los Límites Máximos Permisibles (LMPs), en la cual: El artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Parámetros utilizados en el tratamiento de aguas residuales

- Coliformes totales y coliformes termotolerantes o fecales: Suelen adherirse al cuerpo radicular de la macrófita, contribuyendo así a la eliminación de especies dañinas que están dentro de las aguas residuales, cabe recalcar que el crecimiento de los coliformes totales y fecales se debe tener una temperatura óptima de 37 - 40 °C, eso quiere decir que las temperaturas bajas pueden influir en su eliminación. La relación existente entre los coliformes totales y coliformes fecales con las plantas acuáticas, se da en siete días, porque de esta manera, se logra una disminución que este por debajo de los límites máximos permisibles (1000 NMP/100 ml) para agua de consumo humano, uso doméstico, riego y pecuario (LEON, 2018).
- pH: Otro de los parámetros físicos, que depende principalmente de los gases disueltos, ácidos orgánicos, fracciones húmicas y sales minerales, con un nivel de acidez o alcalinidad del agua, en la que el ácido comprende de un valor menor desde 6 a 0, neutro 7 y 14 totalmente básico; en la cual, las especies que descomponen la materia orgánica, así como los microorganismos, generan otras especies ácidas de mineralización, provocando el cambio del grado del pH, en un tratamiento de aguas negras, así como en el proceso de vermi -biofiltración con plantas acuáticas, donde el valor de pH es de 8.39, eliminando los contaminantes mucho más rápida (CHANDRA, VINUPRAKASH y ARUN, 2018) . De tal manera, los autores MUMTAZ et al (2015), manifiestan que a un pH mínimo de 5, el rendimiento de las

macrófitas acuáticas flotantes es cero para el DBO5; mientras que a un 7,5 de pH, el rendimiento de las especies mejora, pero a un pH de 10 el rendimiento empieza a bajar, reduciéndose a 0; en consecuencia, nos dice que un pH de 6 a 9, es apropiado para la remoción de parámetros químicos y microbiológicos.

- Temperatura: Viene a ser uno de los parámetros físicos que forman parte de los factores externos; que influyen dentro de un tratamiento de aguas servidas, donde los autores MUMTAZ et al (2015), nos dicen que el rendimiento de las especies acuáticas varía acorde a las condiciones climáticas, en la que observa que las especies no muestran un buen desarrollo y eliminación de contaminantes a una temperatura de 10°C, dejando de existir casi todas las especies como el Jacinto, la lenteja y la lechuga de agua; evitando la absorción de nutrientes, por lo que nos indica que de 15 a 38°C, la temperatura es adecuada para la depuración de aguas residuales.
- Nitratos (NO_3^-): MUMTAZ et al (2015) indican que la composición de las aguas residuales, presenta entre contaminantes y nutrientes, con una alta concentración nitrógeno (N) y fósforo (P), que suelen causar graves problemas en el agua, al reducir el oxígeno y producir fitoplancton. Así mismo el autor nos indica que la planta absorbe el nitrógeno y lo elimina, a través de procesos como la amonificación, desnitrificación y volatilización del amoníaco (NH_3). Encontrándose un 25% de nitrógeno en partículas orgánicas y un 75% volatilizadas en amonio por altas concentraciones de pH a 6.5, en donde los segmentos orgánicos llegan a formarse en $\text{NH}_3\text{-N}$ y por oxidación de microorganismos a nitrato $\text{-N(NO}_3\text{-N)}$, con una disminución del 1,45 mg/l (40,34%) por acción del *Eichhornia crassipes*, teniendo una mayor eficiencia que la *Pistia stratiotes* con un 2,09 mg/l (14,45%).
- Fosfato (PO_4^{3-}): El fósforo es un nutriente importante para el desarrollo de las formas de vida, siendo el undécimo mineral más abundante que se puede encontrar en la corteza terrestre, de igual manera es necesario para el desarrollo de las plantas y para muchas reacciones metabólicas en animales y plantas. Así mismo el fósforo orgánico pertenece a una parte de las plantas y animales vivos, sus productos derivados y sus restos que ellos poseen. Generalmente se dice que es el nutriente limitante en sistemas acuáticos de agua dulce, debido a ello la escasez natural de la misma puede explicarse por su atracción a la materia orgánica y las partículas del suelo, ya que a concentraciones excesivas de fosforo pueden causar rápidamente el crecimiento de las plantas acuáticas (MUMTAZ et al, 2015). Así como también el nitrógeno, el

fósforo es uno de los nutrientes más abundantes en la superficie terrestre, la fauna y la flora; formando parte de las plantas, con una menor proporción en sus tejidos, frutos, hojas, etc.; ayudando al crecimiento y a las reacciones metabólicas, siendo un nutriente escaso en los cuerpos de agua dulce. Por lo que el autor, menciona que el fósforo puede encontrarse en las excretas humanas a 1.3-1.5 g/día, siendo eliminados en un 10% en un tratamiento secundario y al 30% en un tratamiento terciario; y al ser utilizadas con especies acuáticas, como el *Eichhornia crassipes*, que tuvo reducción alta a 18, 76%, mientras que la *Pistia stratiotes* 10.69%, debido a la fisiología de las raíces y la oxidación de los microorganismos (MUMTAZ et al., 2015). Por otro lado, los autores CHANDRA, VINUPRAKASH y ARUN (2018), nos hablan que plantas acuáticas flotantes, tienen una mejor eficiencia de remoción del fosfato a un 88,07%, oxigenando el medio contaminante, por medio de las raíces, al captar el oxígeno de la atmosfera.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es aquel parámetro que indica la de oxígeno consumido que se necesita para oxidar la materia orgánica y transformarla a dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y ácido nítrhídrico (NH_3), el cual, se mide con dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) conjuntamente con el ácido sulfúrico (H_2SO_4) y plata (Ag). Así mismo la DQO al presentar valores altos que la DBO, quiere decir, que existen compuestos orgánicos que no se degradan con mayor facilidad; es por eso que, al inducir el *Eichhornia crassipes* en un tratamiento de aguas servidas, logra reducir la DQO a un 50.61%, mientras que la *Pistia stratiotes* a un 28. 59%, en la que también intervienen los microorganismos (MUMTAZ et al., 2015).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): MUMTAZ et al. (2015) hacen mención a la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos al oxidar la materia orgánica. Los compuestos orgánicos se pueden eliminar rápidamente en el sistema experimental por condiciones de reposo, deposición y filtración, donde el crecimiento microbiano adherido y suspendido es responsable de la eliminación de la DBO_5 soluble. Dicho esto, los autores nos indica que el *Eichhornia crassipes* tiene una mayor eficiencia de remoción con un 50.61% en los primeros días de experimentación, posterior a ello, la depuración empieza a ser más lenta, en la que también intervienen as condiciones climáticas del lugar.

Tratamiento de aguas residuales con macrófitas acuáticas

CELIS, JUNOD y SANDOVAL (2005) Dan a conocer que una solución biológica para los tratamientos secundarios o terciarios de aguas residuales, es la utilización de las plantas acuáticas, las cuales demostraron su eficiencia en la depuración de contaminantes como sustancias orgánicas, nutrientes y metales pesados. Para llevar a cabo, la descontaminación de aguas residuales se emplea macrófitas acuáticas en un sistema a base de la tecnología de wetland, donde se inyectan grandes cantidades de oxígeno hacia las raíces, de tal manera que el aire es absorbido por los microorganismos que están situadas en la raíz y no por la misma especie, así mismo las macrófitas acuáticas están siendo utilizadas para la descomposición de nutrientes y de la materia orgánica e inorgánica que se encuentra en el medio acuoso. Así mismo, las descargas de aguas residuales municipales o también conocidas como domésticas, pasan por el sistema de alcantarillado, que posteriormente son liberadas al medio ambiente, siendo unas de las amenazas más grandes para el ecosistema; por lo tanto, deben ser tratadas adecuadamente antes de ser vertidas (VALIPOUR, KALYAN y AHN, 2015).

En la actualidad se han propuesto una serie de tecnologías, tales como los humedales artificiales o los sistemas de purificación con sustratos; recuperando y conservando nuestros recursos naturales, al ser económicamente sustentable. Es por ello, que se utilizan la materia prima vegetativa, como son las malezas acuáticas; que poseen la capacidad de purificar los contaminantes orgánicos y absorber los inorgánicos (BADR y ABDEL, 2018). A ello, GUPTA, ROY y MAHINDRAKAR, (2012); REZANIA et al., (2015), nos dicen que las especies macrófitas como *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* eliminan una gran variedad de compuestos químicos, microbiológicos y físicos que se encuentran en aguas servidas. Teniendo en cuenta, que forman parte de los sistemas de plantas acuáticas; las cuales se agrupan en sumergidas, emergentes y flotantes, en función a la relación de sus hojas con el agua. Siendo el primer sistema, las especies acuáticas flotantes, las que capturan el O₂ directamente de la atmósfera, absorbiendo los nutrientes y los minerales del agua. Para el siguiente sistema, comprende de las especies que se encuentran debajo del agua, siendo estas sumergidas; al ser característico su habilidad de absorber O₂, CO₂, así como minerales dentro del agua pura que ejerce una presión en fondo del estanque; en la que se adhieren los compuestos químicos, por presentar el medio acuoso, demasiado turbio y por el proceso de la fotosíntesis bajo el agua (FRERS, 2008). Finalmente, el último sistema, dispone

de macrófitas que se sujetan en el sustrato y tienen hojas de gran tamaño que llegan a sobrepasar la superficie del agua, que oxigenan y fijan el CO₂ atmosférico, regulando la temperatura, la luz y absorbiendo los nutrientes (GARCÍA, FERNÁNDEZ Y CIRUJANO, 2009).

Tratamiento de aguas residuales en un sistema de biofiltro

- Humedal: Según la convención de Ramsar, en 1971, los humedales fueron reconocidos, como extensiones de pantanos y tuberías, marismas, o superficies cubiertas de aguas, ya sean de manera artificial o natural, temporales o permanentes, corrientes o estancadas, salobres, dulces o saladas, que a ello lo atribuyen las grandes extensiones de agua salada, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (RAMSAR Y SALATHÉ, 2013).
- Sistema de biofiltro: RODRÍGUEZ (2014), nos describe que un sistema de biofiltros, es aquel sistema biológico, que posee diversas unidades de lecho filtrante de grava y de diferentes granularías, en la que pueden ser de manera anaeróbica y aeróbica, las cuales sirven para la filtración de sólidos suspendidos de los líquidos contaminantes.
- Lecho filtrante: Un lecho filtrante para un tratamiento de aguas servidas está constituido, por un material granular como la arena que compone de silicio, teniendo en cuenta, que la arena utilizada debe estar limpia para que pueda ser efectivo la evaluación, siendo su capacidad de acción, la absorción de los sólidos suspendidos o expuestos en el agua, que son sedimentadas al pasar el filtro por acción de la gravedad y porosidad (PÉREZ, 1981).
- Biofiltro de flujo horizontal: Los biofiltros también conocidos como humedales artificiales, se conforma por especies vegetativas acuáticas en la superficie del agua, en la que son tratadas aquellas aguas que han sido contaminadas; teniendo en cuenta, que, a través de los lechos filtrantes, se comienza el tratamiento por la acción de los microorganismos que se encuentran en la superficie del agua, así mismo la actividad de sedimentación y filtración que dicho sistema posee (ROMERO, 2016).
- Tanque séptico: Un sistema se compone por una serie de procesos, en donde se permiten la sedimentación de sólidos en el fondo del tanque séptico, que es el receptor de las transformaciones químicas por la acción microbiana y factores extremos como la temperatura (ROMERO, 2016).

- Tratamiento biológico: Es aquel tratamiento donde se hace uso de los microorganismos para la eliminación o disminución de contaminantes que se encuentran en el agua, de igual manera los compuestos de mayor tamaño son sedimentados y descompuestos por la actividad de dichos microorganismos y diversos componentes que la naturaleza nos ofrece, las cuales se alimentan de los compuestos que contaminan las agua (ROMERO, 2016).

Tratamiento de aguas residuales en un sistema de biofiltro – macrófitas acuáticas

Las aguas residuales son aquellas que emergen, después que haya sido utilizada por el ser humano para cumplir con las necesidades básicas de la población, por lo que contiene grasas, aceites usados para cocinar, aceites para el cabello, detergentes, lodos de piso que hayan sido lavados, etc; generando contaminación al ser vertidos al agua, afectado el ecosistema. Es por eso que se ha desarrollado un sistema llamado, Vermi – biofiltración, que viene a ser un sistema de tratamiento de aguas residuales, que se ajusta a la vermi compostaje, donde se utilizan gusanos, que atrapan a los sólidos suspendidos en el vermi filtro (CHANDRA, VINUPRAKASH. y ARUN, 2018). Del mismo modo los autores OLIVEIRA et al. (2013), mencionan que el uso de biofiltros con muchas aplicaciones industriales y desechos agroindustriales, son considerados como tratamientos terciarios, ya que las capas filtrantes retienen la mayoría de sólidos suspendidos, reduce la turbidez y favorece la penetración de la radiación ultra violeta en el líquido. A raíz de la contaminación emitida, se ha creado un sin número de tecnologías amigables con el medio ambiente mediante la aplicación de la fitorremediación en procedimientos de ingeniería, tales como los humedales artificiales, donde existe una interacción entre el metabolismo bacteriano y los procesos de absorción y acumulación, eliminando las impurezas de estanques facultativos, mediante la utilización de especies vegetales. Por tal motivo la laguna funciona como filtro de goteo horizontal, en la que se proporciona el apoyo físico para el crecimiento de las bacterias biológicas en las raíces, así como también los estratos del suelo, utilizados para enriquecer la población microbiana en forma de biofilm dentro de la unidad de humedal (VALIPOR, KALYAN y AHN, 2015).

Macrófitas

Las plantas acuáticas o macrófitas acuáticas, son un grupo de especies que viven sumergidas o en la superficie del agua, las cuales forman parte del ecosistema acuático, siendo estos, los lagos, humedales, charcos y ríos. Donde se desarrollan una serie de procesos fotosintéticos en los cuerpos de agua. Dicho esto, ARIAS et al., (2010), nos dicen, que las macrófitas acuáticas poseen una gran variedad de plantas, entre las que sobresale el *Eichhornia crassipes*, también denominado, buchón de agua o lirio de agua, *Hydrocotyle ranunculoides* (la redondita de agua), *Salvinia Spp.* (la salvinia), *Pistia stratiotes* (Repollito de agua) y algunas especies de lentejas de agua. Normalmente las planta macrófita es aquella vegetación que se encuentra su incorporada en los cuerpos de aguas y diversos estanques, resiste a diversas condiciones climáticas ya que en tiempos de sequía veraniega la macrófita tiende a sobrevivir mediante órgano almacenamiento, así como el bulbo, cormo, rizoma o tubérculo; en las cuales se elimina el agua contaminada mediante la comunidad microbiana que se encuentran sujetas a las raíces de las plantas o impuesta en el mismo medio; sedimentando la materia orgánica y los contaminantes, al ser depurada de forma natural (CASTAÑEDA y FLORES, 2013). MARTELO y LARA (2012) hacen mención que las macrófitas acuáticas flotantes poseen un proceso de limpieza y purificación de aguas, mediante la depuración de contaminantes y materia orgánica, que se dan por medio de tres mecanismos primarios: Sedimentación y filtración de sólidos; incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosecha; y la degradación de la materia orgánica.

Esquema sistemático

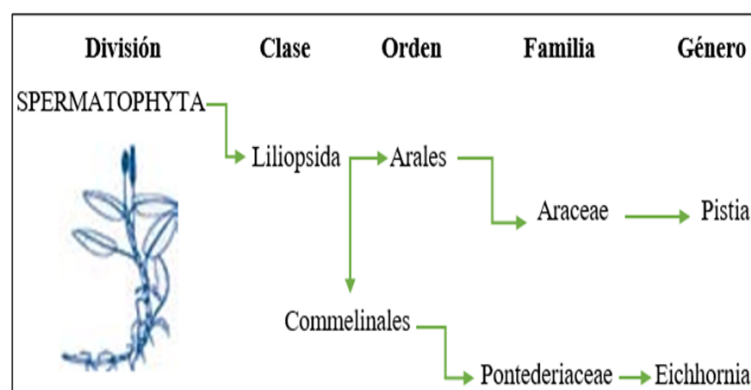


Figura 1. Taxonomía de las macrófitas acuáticas flotantes *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*.

Fuente. GARCÍA, FERNANDEZ y CIRUJANO, 2009.

***Pistia stratiotes* (Repollito de agua)**

La *Pistia stratiotes*, comúnmente conocido como repollito de agua o lechuga de agua, se caracteriza por su inconfundible y extraño aspecto, ya que, está compuesta por rosetas de unos 30 cm, hojas gruesas y anchas de color verde fosforescente, que flotan de manera libre en la superficie; mientras que las raíces se encuentran sumergidas en el agua, produciendo flores y frutos, donde habitualmente se multiplican de manera intensa, llenando por completo e invadiendo el humedal; ya sea por las condiciones del sistema y su capacidad de asimilación de nutrientes en productividad de biomasa; es por eso que se considera invasoras (GARCÍA, FERNÁNDEZ y CIRUJANO, 2009).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Pistia stratiotes.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
REINO	<i>Plantae</i>
PHYLUM	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Liliopsida</i>
ORDEN	<i>Alismatales</i>
FAMILIA	<i>Araceae</i>
GÉNERO	<i>Pistia</i>
ESPECIE	<i>Stratiotes</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	
<i>Pistia stratiotes</i>	
NOMBRE COMÚN	
Repollito de agua, lechuguilla de agua	
CATEGORÍA	
Invasora	

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

- Morfología: CUEVA (2016), la *Pistia stratiotes*, es una macrófita flotante, que se encuentran en diferentes tamaños, de acuerdo a su desarrollo, es característico por el color verde grisáceo intenso con tejido esponjoso, reticuladas y obovadas, con el ápice redondeado o truncado, que llegan a medir una longitud de 15cm por 6 cm de ancho. De las cuales se les conoce por poseer dos tipos de inflorescencias con ejes muy cortos y rodeados por sendas espatas:
- Inflorescencia masculina: Es la que tiene una sola flor con 2 estambres en la cual están unidas en la parte de su longitud y sendas anteras biloculares.
- Inflorescencia femenina: El ovario elipsoide, reticulado – venoso, con varios óvulos; el estilo es subcónico y el estigma capitado y ciliolado.

Los frutos son globosos, que miden 1cm de diámetro, son de color verde, cubiertos por una envoltura delicada, en la que contienen numerosas semillas blancas, rugosas y elipsoides.

- A. Hojas, raíz, estolón.
- B. Frutos.
- C. Estigma.
- D. Inflorescencia masculina.
- E. Inflorescencia femenina.

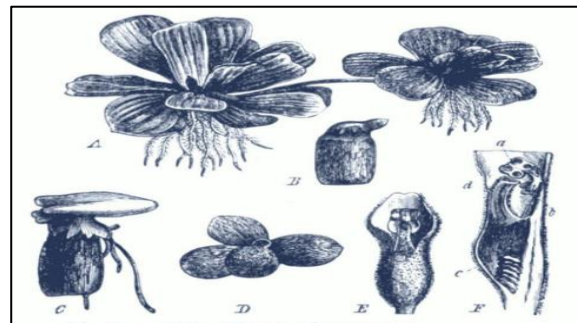


Figura 2. Partes de la *Pistia stratiotes*.

Fuente. CUEVA, 2016.

- Características fisiológicas: Así mismo, GARCÍA, FERNÁNDEZ y CIRUJANO (2009), nos indican las características fisiológicas entre sus hojas, flores y frutos. Su zona de desarrollo, su distribución que depende los tipos de climas y su carácter invasor por su capacidad crecimiento y propagación:
- Hojas: Dispuestas en rosetas gruesas y carnosas, de manera horizontal ascendente, que puede llegar a medir 20 cm, que tiene una forma de trapecio, más delgada en la base que en el ápice, que recorre por 7 a 12 nervios y cubiertas de pelos glandulares hidrófobos.
- Flores: Unisexuales, inconspicuas, metida entre las hojas, adherida a una espiga muy estrecha, con una flor femenina en la base y de 4 a 9 flores masculinas.
- Frutos: Tipo baba, de color verdoso, con grandes cantidades de semillas.

- Hábitat: Esta macrófita acuática suele vivir en zonas templadas, de igual manera en aguas tranquilas y estancadas como las lagunas, humedales, acuíferos, represas, manglares, entre otros y también puede ser utilizado como planta ornamental.
- Distribución: No se sabe el origen de la especie, pero podría haber estado en las franjas tropicales y subtropicales de África. Actualmente esta especie macrófita es considerada una planta exótica en numerosas partes del mundo que poseen un clima tropical, subtropical o templado.
- Carácter invasor: Esta especie exótica en ocasiones tiende a cubrir toda la superficie del agua en la que impide el paso de la luz, absorbiendo el oxígeno que se encuentra en el agua. También se le puede encontrar en diferentes listados de especie invasoras de altos riesgos para los ecosistemas donde estas se encuentren.

Por otro lado, CIRUJANO Y MEDINA (2002), nos dice que el *Eichhornia crassipes* es una planta que tiene un largo periodo de vida, con hojas arrosetadas, ligeramente onduladas, que pueden llegar medir 14 cm de largo, de igual manera poseen cubiertas con pelos cortos que atrapan burbujas de aire y ayudan a su flotación. También nos explican, que se reproducción es a través de semillas y de manera asexual mediante sus estolones subacuáticos. Teniendo en cuenta que, si se encuentra condiciones apropiadas para su desarrollo, puede llegar a cubrir cuerpos de agua totalmente, impidiendo así la oxigenación de las aguas, afectando el ciclo de vida de otras especies que conforman el medio acuoso. Puede ser utilizada como planta ornamental en estanques y acuarios.

***Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)**

Los investigadores POMA y VALDERRAMA (2014) hacen mención que la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) es una macrófita flotante, también conocida por la capacidad de fitorremediación de los contaminantes que se encuentran en el agua. Dicha especie tiene la facilidad de crecer rápidamente en lugares de agua estancada como humedales, lagunas, entre otros. De la misma manera, son capaces de tolerar la variabilidad de nutrientes, pH y temperatura que las aguas pueden presentar. Por otro lado, CELIS, JUNOD y SANDOVAL (2005) indican que el *Eichhornia crassipes* tiende a vivir en zonas tropicales y subtropicales, la cual tiene una capacidad de expansión significativa, así como su capacidad de remoción y depuración de diferentes tipos de nutrientes y contaminantes, por tal motivo viene a ser una de las especies acuáticas más estudias. Cuenta con un abanico de raíces, en las cuales se refugian aquellos

microorganismos que ayudan a asimilar con mayor facilidad los compuestos que se encuentran en el agua. Dicha especie acuática flotante mayormente es conocida por su belleza floral junto al extraño aspecto de sus hojas, que se convierten en flotadores formándose una roseta flotante, por lo que a la vez puede llegar a ser una especie muy peligrosa, al extenderse y propagarse de manera acelerada, transformando los ecosistemas y afectando las actividades humanas, es por eso que es considerada entre los cien organismos más perjudiciales del mundo (GARCÍA, FERNÁNDEZ y, CIRUJANO, 2009).

Tabla 2

Clasificación taxonómica del Eichhornia crassipes.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
REINO	<i>Plantae</i>
PHYLUM	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Liliopsida</i>
ORDEN	<i>Pontederiales</i>
FAMILIA	<i>Pontederiaceae</i>
GÉNERO	<i>Eichhornia</i>
ESPÉCIE	<i>Cassipes</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	
<i>Eichhornia crassipes</i>	
NOMBRE COMÚN	
Lirio de agua, Jacinto de agua, lirio acuático	
CATEGORÍA	
Invasora	

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

- Morfología: JUÁREZ (2011) Parte de la estructura del *Eichhornia crassipes*, comprenden de una gran cantidad de pequeñas hebras en las raíces que absorben los

nutrientes y algunas partículas suspendidas, haciendo uso de la energía solar, en el cual explica su tasa de crecimiento. También cuenta, con pecíolos, que vendrían a ser los tallos de las hojas y los estolones, aquellas estructuras en la que se generan otros individuos, con un total de 8 a 15 flores y en cada fruto un alrededor de 450 semillas; presentando de la siguiente manera:

- A. Pecíolo atenuado en forma de rosetón producido bajo condiciones de alta densidad poblacional.
- B. Brote axilar en desarrollo.
- C. Un “ramet” en desarrollo.
- D. Pecíolo bulboso en forma de rosetón.
- E. Raíz.

Donde:

ar: raíces adventicias.

in: istmo de las hojas.

la: hojas.

pl: hojas primarias.

pd: pedúnculo de la espiga floral.

pt: pecíolo de la hoja.

sp: espatas.

St: estolones.

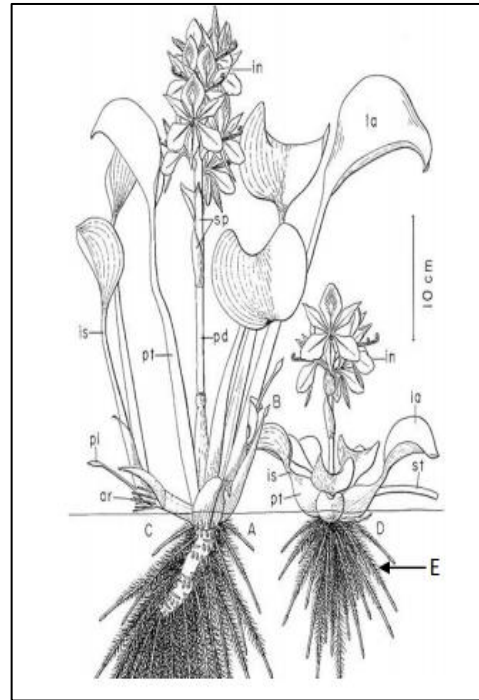


Figura 3. Morfología de *Eichhornia crassipes*.

Fuente: JUÁREZ, 2011.

La especie muestra que los pecíolos son esponjosos y tiene la capacidad de captar grandes cantidades de aire que permiten su flotación (JUÁREZ, 2011).

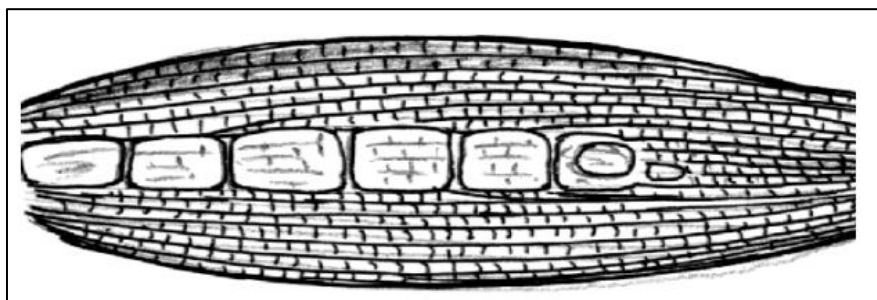


Figura 4. Sección transversal donde se observan los espacios llenos de aire.

Fuente: JUÁREZ, 2011.

Dicho esto, GARCÍA, FERNÁNDEZ y CIRUJANO (2009); y FERÁNDEZ et al., (2005) nos indican las características fisiológicas entre sus hojas, tallo, flores, frutos y raíces; su hábitat, su distribución que depende los tipos de climas, su carácter invasor por su capacidad crecimiento y propagación, su ciclo de desarrollo y aplicación de la especie:

- Características fisiológicas:

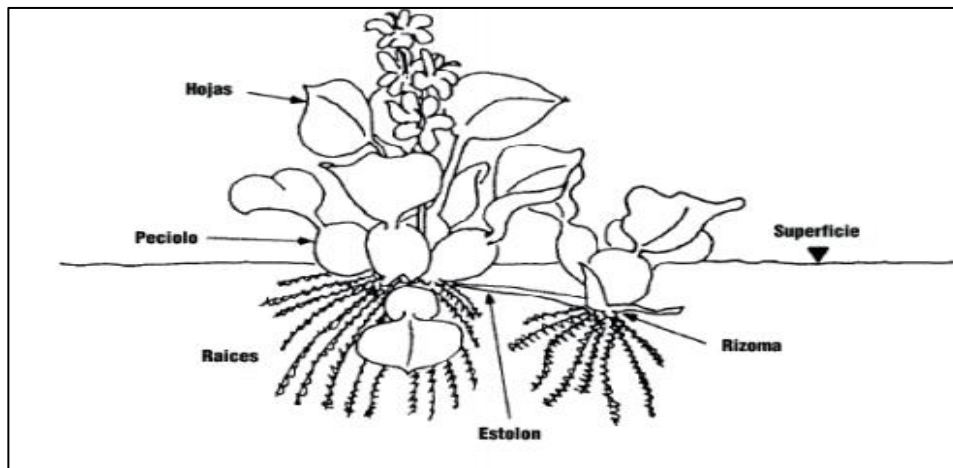


Figura 5. Morfología del *Eichhornia crassipes* que diferencia del *Pistia stratiotes* por tener los pecíolos esponjosos y con espacios llenos de aire.

Fuente. MARTELO y LARA, 2012.

- Hojas: Se encuentran en una forma de roseta flotante de 5 a 65cm, pecioladas, con limbo plano y ovalado redondeado, de 2 a 15 cm, y sus pecíolos de 3 a 50 cm y erecto con 8 x 10 cm de largo, que parecen estar hinchado, tiene una consistencia esponjosa que está compuesta de aire la cual facilita la flotación de la planta, y posee un color verde brillante.
- Flores: se forman espigas, siendo éstas hermafroditas de 2, 5 a 5 cm, zigomorfas, con seis tépalos en un tubo y con seis lóbulos libres, poseen un color violeta azulada, con una mancha oscura en la parte superior y en el centro de color amarillo, seis estambres, con los 3 pétalos superiores que son mayores que los 3 inferiores, y tres carpelos soldados en el ovario.
- Frutos: Se sitúan en una cápsula que carga alrededor de 450 semillas pequeñas en su interior. La parte de la planta que se encuentra sumergida en el agua son las raíces que sirven de protección frente a herbívoros, las cuales tienen un aspecto

plumoso, muy densas, y de color negro -púrpura debido a los pigmentos que ella contiene.

- Tallo: tiene un floral erecto, con una semejante inflorescencia a una espiga vistosa con unas 15 flores. Cada una de las flores dura solo un día abiertas, las cuales se abren individualmente durante la salida del sol y por la noche se cierra o termina marchitándose. Consta de 6 pétalos de color de color violeta azulada, 6 estambres de dos longitudes diferentes, gineceo de 3 lóculos y estilo con estigma trilobulado o trifido.
- Raíz: son de color negro azuladas, con una textura fibrosa que pueden alcanzar hasta 3 m de longitud. Además, la parte sumergida que posee la planta crecen los estolones que pueden llegar a medir hasta 30 cm de longitud, las cuales sirven para la propagación vegetativa de la especie.
- Hábitat: Crecen en remansos de aguas tranquilas y eútrofas, que vienen a ser los humedales, se pueden encontrar en viveros ornamentales, como también en jardines públicos y privados, estas son de climas tropicales y subtropicales, esta especie posee una gran capacidad de adaptación ecológica, donde los estanques temporales, marismas, zonas húmedas, lagos, aguas contaminadas, ríos y pantanos permiten que la planta se desarrolle de manera adecuada. Donde nos explican, que el factor de limitación para su desarrollo es la temperatura, por lo cual debe mantenerse dentro de su hábitat en tropical o subtropical. Donde su crecimiento suele ser rápido cuando se encuentra en temperaturas medias de 20 o 30°C, pero en temperaturas de 8 a 15°C suelen retrasarse. De igual manera para el desarrollo del fruto se tiene en cuenta las condiciones climáticas; para su crecimiento adecuado, con un 90% de humedad relativa y 22.5 a 35°C.
- Distribución: Su origen es de Sudamérica que rige en la Amazonía, se encuentra extendida prácticamente en todas las zonas acuáticas tropicales y de las numerosas regiones que el mundo posee, las cuales dichos lugares deben contar con un clima tropical, subtropical y templado.
- Carácter invasor: Esta especie invasora, causa una serie de riesgos en ecosistemas que se encuentran colonizadas, produciendo trastornos ambientales, las cuales afectan directamente a la fauna silvestre acuática, al expandirse totalmente sobre el agua, obstruyendo el paso de la luz solar y dando paso a la falta de oxigenación en el agua. Así mismo, el *Eichhornia crassipes*, en la que forma una especie de roseta que

emerge parcialmente sobre la lámina de agua en la que se encuentra, esta puede llegar a alcanzar unos 50 cm de altura, sin embargo, en algunos lugares, que son adecuadas para el desarrollo de la especie (sureste de Asia) puede llegar a medir 1m de altura.

- Ciclo de desarrollo: Dicen que el *Eichhornia crassipes* se reproduce de manera asexual o sexualmente, sabiendo que la germinación de nuevas plantas puede ser importante volver a colonizar, ya que la producción de plantas hijas es mucho más significativa. Sabiendo que su forma de reproducción, se da a través de estolones horizontales, que desarrollan hojas arrosetadas de una yema terminal. Sabiendo que el crecimiento de las plantas hijas de una manera veloz, de acuerdo a las condiciones ideales en el que se encuentre el medio, producen un inmenso número de plantas entre 5 a 15 días. Pero si se carece de oxígeno o la tensión es baja, el tiempo de reproducción puede llegar en un promedio 50 días; donde la regeneración de fragmentos de plantas se puede proliferar (QUISPE et al., 2017).

Métodos de control del *Eichhornia crassipes*

GOPALAKRISHNAN et al (2011). Según su investigación realizada en la india, da a conocer que un método de control biológico para el *Eichhornia crassipes* mediante la utilización del gorgojo (*Neochetinaspp*) y la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), las cuales tiene la capacidad de controlar dicha maleza acuática. Durante los 110 días de evolución de logro combatir el 89.3% de la población estudiada de *Eichhornia crassipes* (270 plantas), ya que el gorgojo tiene la capacidad de disecar a la planta hasta lograr su muerte y la carpa herbívora ayuda a prevenir los brotes de las plantas hijas de la maleza. Por otro lado, GREENFIELD et al (2007) Dan a conocer otro método de control del *Eichhornia crassipes*, mediante la trituración de dicha especie, en dos estaciones diferentes, otoño y primavera, dicho método afecto notablemente la calidad del agua, ya que hubo el aumento de nitrógeno y fosforo durante el experimento, sin embargo, la trituración de esta especie es efectivo para combatir su capacidad invasora que posee.

Fitorremediación

POMA Y VALDERRAMA (2014) hacen mención que la fitorremediación es una nueva tecnología que se ha ido investigando con el pasar de los años, la cual se basa en el uso de diversos tipos de plantas y sus microorganismos asociados, para tratar de manera

insitu suelos y aguas contaminadas. Dichas tecnologías emergentes tienden a poseer un gran potencial para la limpieza y purificación eficiente de las aguas residuales, teniendo así un costo económico para la purificación de contaminantes entre ellos los orgánicos e inorgánicos que se asocian a ella. A raíz de los problemas de contaminación por aguas servidas o también conocidas como aguas residuales, se aplican diversas técnicas de biorremediación, que conlleva a una serie de tecnologías sostenibles, en la que hace énfasis, al aprovechamiento de nuestros bienes ambientales para mantener un equilibrio entre la naturaleza y el desarrollo. Esto quiere decir, que se hace uso de especies vegetales conjuntamente con los microorganismos que forman parte del microbiota.

En torno a ello, GUPTA, ROY y MAHINDRAKAR (2015), dicen que la fitorremediación es un proceso que se realiza a través del tratamiento biológico de aguas residuales, la cual se emplea mediante el uso de sistemas basados en las plantas y los procesos microbiológicos. El cual, según QUISPE, et al. (2017), dicho sistema de remediación se caracteriza por ser amigable con el ambiente y estéticamente agradable, donde se hace uso de las macrófitas y otros recursos que la naturaleza nos ofrece. Así mismo la tecnología estratégica para la fitorremediación, serían la utilización de humedales artificiales, ya que las macrófitas actúan como filtros biológicos o trampas en la que se muestran mecanismos de sedimentación, filtración química, precipitación, adsorción, interacciones microbianas y captación de vegetación presentes en el agua; donde los contaminantes se degradan y neutralizan las sustancias metálicas, al fijarse en sus raíces y tallos o metabolizándolos. Siendo los principios de fitorremediación: Limpieza del agua contaminada que incluye la identificación e implementación de plantas acuáticas eficientes, adsorción de nutrientes y metales disueltos por las plantas en crecimiento aprovechamiento de la biomasa vegetal (GUPTA, ROY y MAHINDRAKAR, 2012; QUISPE, et al., 2017).

FRERS (2008); ARIAS et al. (2010), indican que, para la incorporación de los compuestos o sustancias contaminantes mediante diversos procesos en las plantas, entre ellas se tiene:

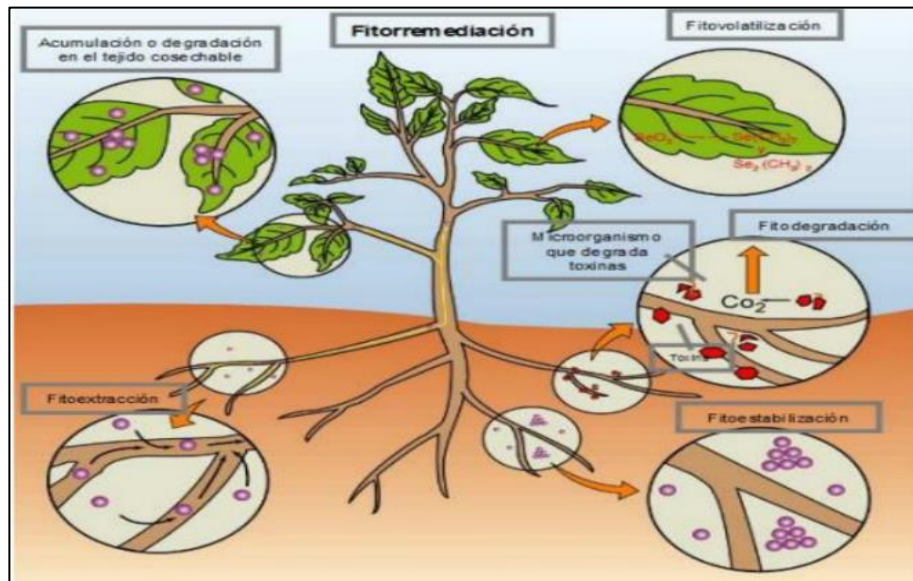


Figura 6. *Procesos de fitorremediación para degradación de contaminantes en aguas residuales.*

Fuente. CUEVA, 2016.

- Fitoextracción

Proceso involucrado: En este proceso las especies vegetales se utilizan para extraer los contaminantes que se encuentran en las partes de cosecha del medio acuoso (principalmente en la parte aérea).

Contaminación tratada: Los compuestos que se tratan en este proceso, vienen a ser los metales pesados tales como el cadmio, níquel, cobalto, mercurio, cromo, plomo, plomo selenio y zinc.

- Rizofiltración

Proceso involucrado: En este proceso las raíces de las plantas son utilizadas para la absorción, precipitación y concentración de los contaminantes mediante los efluentes líquidos contaminados y la degradación de compuestos orgánicos.

Contaminación tratada: Dicho proceso es para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados como el mercurio, cobalto, cadmio, níquel, cromo, plomo, plomo selenio, zinc, isótopos radiactivos y compuestos fenólicos.

- Fitoestabilización

Proceso involucrado: Son aquellas plantas tolerantes, que son utilizadas para la reducción de su movimiento y evita el acceso a las capas subterráneas más conocidos como acuíferos, así como al aire.

Contaminación tratada: Pueden ser utilizadas en aguas residuales o en los yacimientos mineros. Así como fenólicos y compuestos clorados.

- Fitoestimulación

Proceso involucrado: Se hacen uso de los exudados radiculares para impulsar el desarrollo de microorganismos de degradación, como hongos y bacterias.

Contaminación tratada: Los contaminantes tratados son los hidrocarburos, que son derivados del petróleo y poliaromáticos, tolueno, benceno, atrazina y las aguas residuales agropecuarias.

- Fitovotalización

Proceso involucrado: Las plantas reciben y modifican los contaminantes orgánicos e inorgánicos, que son liberados hacia la atmosfera, a través de la transpiración de las plantas.

Contaminación tratada: Sirven para tratar aquellas aguas residuales agropecuarias, aguas contaminadas con selenio, mercurio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).

- Fitodegradación

Proceso involucrado: Donde las plantas una vez captadas los compuestos, empieza a degradar y almacenar los compuestos orgánicos y al mismo tiempo, liberados a la atmósfera con la transpiración.

Contaminación tratada: Sirven para el tratamiento de aquellas aguas residuales agropecuarias, municiones, atrazina, DDT, solventes, pesticidas fosfatados, clorados fenoles y nitrilos, etc.

Dicho esto, FRERS (2008), se señala los procesos de remoción que se desarrollan en los humedales, siendo uno de ellos, lo procesos físicos donde los humedales artificiales tienen la capacidad de obtener una mayor eficiencia física durante la eliminación de material particulado, de igual manera los procesos biológicos donde la planta captura el contaminante través de sus hojas y raíces, de las cuales, se encuentran los nutrientes, que vienen a ser esenciales para la planta, con la presencia del nitrato, amonio y fosfato y finalmente los procesos químicos donde se captura y se retiene a corto o largo plazo de los contaminantes del medio.

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes*

Para llevar a cabo el proceso de la fitorremediación con la macrófita acuática *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), se toma en cuenta el crecimiento óptimo de la especie, que viene a ser esencial para el rendimiento de la planta, de las cuales influyen los factores externos como la temperatura, pH, radiación solar y salinidad, que al mismo tiempo es determinante en el peso y tamaño de las plantas. Su crecimiento puede ser descrito por 2 maneras: por el porcentaje de la superficie del agua en un periodo de tiempo determinado y por la densidad de la planta en unidades de tasa vegetal húmeda. Donde la disponibilidad de nutrientes a mayor escala, afecta su crecimiento y rendimiento de la planta (GUPTA, ROY y MAHINDRAKAR, 2012). Resulta que el *Eichhornia crassipes* es un excelente bioabsorbedor de metales pesados, tales como el cadmio, níquel, zinc, cromo, cobre y plomo, desde un 85% hasta un 95%. Respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) disminuye a un 95% y hasta 90,2% para la Demanda Química de Oxígeno (DQO); en los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a un 21% y 91%. Mientras que, en el fósforo total, se lograron alcanzar máximas remociones a un 91,7% y el nitrógeno a un 98,5% respectivamente. Por lo que se determina su mayor efectividad de remoción en zonas cálidas. De tal manera, puede ser sometida a digestión anaeróbica para la producción de metano, así como también a compost para la disposición posterior en el suelo, en especial un relleno sanitario. Sabiendo que su producción de biomasa puede alcanzar valores de 69,5 t/ha. año (MARTELO y LARA, 2012).

Fitorremediación con *Pistia stratiotes*

La *Pistia stratiotes*, más conocida como la lechuga de agua, la cual es una especie acuática flotante que es utilizada para el tratamiento de aguas negras o grises, por lo que forma parte del proceso de fitorremediación al descomponer o depurar los contaminantes que se encuentran dentro del medio acuoso. Siendo considerada superior por la productividad de biomasa en comparación con especies pequeñas. Sabiendo que tiene una mayor tasa de supervivencia durante el proceso de remoción, por la capacidad de resistir a condiciones de mayor salinidad, pero no crece a mayores niveles de DQO. Así mismo elimina grandes cantidades de metales y nutrientes, de acuerdo al microclima en el que se encuentre, teniendo en cuenta, que su mayor efectividad, se da en zonas

cálidas, que distingue de las zonas templadas o frías, ya que estas, afectan significativamente el rendimiento y crecimiento de la especie (GUPTA, ROY y MAHINDRAKAR, 2012). Esta especie puede remover los compuestos fisicoquímicos, así como, la DBO con 79,1%, la DQO a un 76,2%, la turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST). Presenta una alta capacidad de remoción en el tratamiento de efluentes industriales con diferentes metales pesados como el cromo, cadmio y plomo a un 70%. Mientras, que, en aguas residuales, la especie obtiene buenos resultados en la eliminación del cadmio ya que la especie presenta un buen desarrollo y crecimiento en el proceso de purificación. En la que se lograron eficiencias de un total de 60,3% y de 6,6%, en el que se obtuvo para NH_4^+ un 63,2% y 10,4% para el NO_3^- . De tal manera, que para la depuración de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF), los valores registrados fueron superiores al 99% respectivamente (MARTELO, LARA, 2012; MENDOZA, PÉREZ y GALINDO, 2018).

Como cuarto ítem, se planteó la **formulación de problema**, obteniendo así lo siguiente: ¿Las especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* removerán contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018?

Del mismo modo, continuamos con la **justificación del estudio** la cual se encuentra dividida en cinco partes, una de ellas es la justificación teoría donde la investigación trata sobre el estudio de la capacidad depuradora a través de la remoción de contaminantes de las dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* (Repollito de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en un tratamiento de aguas residuales, así mismo se detalla la situación actual con respecto a la salubridad de la población y la coexistencia con su entorno natural, ya que se ve afectada por la contaminación que esta agua residual emite, toda vez que estas aguas se encuentran a pocas distancias de la urbe localizada, siendo un foco de infección para la población por proliferación de enfermedades; que contribuye en la degradación del capital humano, la extinción de flora y fauna silvestre. Posteriormente la justificación práctica hace mención que la investigación se realiza para mejorar la calidad de vida de la población y conservar nuestros recursos naturales, a través del desempeño de la investigación científica siendo un abanico de información para estudiantes, profesionales de ingeniería ambiental y población interesada. Donde se llevará a cabo, el desarrollo de actividades para la

elaboración del proyecto, dando a conocer los procedimientos y la metodología establecida. Dicho esto, el trabajo servirá como guía para una planificación sustentable, con respecto al tratamiento de sus aguas servidas, el cual se desarrollará por medio de un sistema de biofiltro, donde se implementará las especies acuáticas *Pistia stratiotes* (Repollito de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Teniendo en cuenta su eficiencia en la capacidad de remoción de los parámetros mencionados, tomando información meteorológica y análisis respectivos para la calidad del medio. Así mismo, la justificación por conveniencia recalca que presente realizada beneficiará a la jurisdicción del distrito de Tarapoto mediante el aporte de una base de información sobre un método sustentable de tratamiento de aguas residuales a través de macrófitas acuáticas flotantes, en la cual se verifica su funcionalidad en su capacidad de remoción de los contaminantes del medio acuoso. Consiguiente a ello tenemos la justificación social, donde dicho trabajo está dirigido a la población en general, el cual se tiene en cuenta la importancia de un tratamiento y la legislación adecuada de aguas residuales, ante los problemas e impactos negativos que estas ocasionan a la naturaleza. En tal sentido el presente trabajo se convertirá en un instrumento de información, por lo que pretende generar conciencia ambiental en la población. Finalmente la justificación metodológica hace mención que en vista a la contaminación emitida hacia la población, se realizó 8 tomas de muestras para la evaluación de contaminantes químicos y microbiológicos de aguas residuales domesticas en un sistema de biofiltro con macrófitas acuáticas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, teniendo en cuenta los 8 parámetros evaluados: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH y temperatura. De esta manera se obtiene una base de datos sobre el estado actual de las aguas residuales del distrito de Tarapoto y cuan eficiente son dichas macrófitas.

Los **objetivos** de la presente investigación se dividieron en general y específicos, donde por general tenemos a la evaluar las especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”, y como objetivos específicos, determinar la concentración de DQO y DBO5 en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, Tarapoto 2018; del mismo modo

determinar la concentración de Nitratos y Fosfatos en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, Tarapoto 2018; finalmente determinar la concentración de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, Tarapoto 2018.

Finalmente se realizó el planteamiento de **hipótesis**, teniendo como hipótesis nula, H_0 : La aplicación de un sistema de biofiltro con especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, no remueve contaminantes microbiológicos y químicos en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018, y como hipótesis alternativa, H_1 : La aplicación de un sistema de biofiltro con especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, remueve contaminantes microbiológicos y químicos en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

II. MÉTODO

2.1. Tipo de diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es explicativa, de acuerdo a su orientación. Teniendo en cuenta que dicho estudio está basado en explicar el por qué o la causante de las reacciones de la variable independiente que va de la mano con la variable dependiente, por factores internos, externos o por intervención de sujetos durante la evaluación, explicando los procesos o eventos en la que se encuentren. (HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA, 2006).

Diseño de investigación

La investigación se basa en un diseño cuasi- experimental, de acuerdo a la técnica de contrastación, en donde se manipula la variable independiente, para observar los efectos relacionados con la variable dependiente, en la que, los grupos experimentales ya están formados antes del experimento (HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA, 2006).

Teniendo en consideración, la aplicación de un diseño pre – test (muestra antes del filtro y la siembra de las plantas) y post – test (muestra después del filtro y siembra de las plantas), a través de un sistema de biofiltro, donde se distribuye el medio acuoso hacia las zonas experimentales.

En primer lugar, se recolecta el agua residual del efluente estudiado, para posteriormente realizar la primera toma de muestra e incorporar dentro del sistema. Así mismo, la segunda muestra se tomará después de la filtración de dicha agua ubicada dentro del sistema, en la cual es distribuída a dos reactores con macrófitas acuáticas flotantes *Pistia stratiotes* siendo esta la tercera toma de muestra *Eichhornia crassipes* la cuarta toma de muestra, así sucesivamente, donde actuarán directamente en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos. La evaluación consistirá en 8 tomas de muestra de 4 tiempos diferentes, con intervalos de tiempo de 72 horas cada uno. Finalmente, con los datos obtenidos de las tomas de muestras, se analizará cada uno de los parámetros, con la finalidad de evaluar la

eficiencia de remoción de contaminantes por las macrófitas acuáticas flotantes a través de un sistema de biofiltro.

Dicho diseño corresponde del siguiente diagrama:

ESQUEMA

GE ₁	-O ₁
	X ₁ O ₂
GE ₂	X ₂ O ₃
	X ₃ O ₄
GE ₃	X ₂ O ₅
	X ₃ O ₆
GE ₄	X ₂ O ₇
	X ₃ O ₈

Donde:

GE_1, GE_2, GE_3, GE_4 = Grupos experimentales.

X_1, X_2, X_3 = Variable independiente o estímulo.

O_1 = Pretest.

$O_2 \dots O_8$ = Posttest.

2.2. Operacionalización de variables

Variables

- **Variable dependiente** —————> Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos
- **Variable independiente** —————> Biofiltro con Especies macrófitas (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*)

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades de medida
Variable dependiente Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos	GUPTA et al. (2012) y REZANIA et al., (2015) nos dicen que las especies macrófitas como <i>Pistia stratiotes</i> (Repollito de agua) y <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua) eliminan una gran variedad de compuestos químicos, microbiológicos y físicos que se encuentran en las aguas servidas. Teniendo en cuenta, que forman parte de los sistemas de plantas acuáticas; las cuales se agrupan en sumergidas, emergentes y flotantes, en función a la relación de sus hojas con el agua.	Siendo la población bacteriana, indicadores de los tipos de contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, para su debida remoción se emplea el uso de macrófitas acuáticas, las cuales tiene la capacidad de remover contaminantes y nutrientes que se encuentran presentes en dichas aguas.	Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de DBO₅. • Cantidad de DQO. • Cantidad de Nitratos. • Cantidad de Fosfatos 	Intervalo	mg/L
			Parámetros microbiológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de Coliformes Totales. • Cantidad de Coliformes Termotolerantes. 	Intervalo	mg/L

Variable independiente	<p>Se ha creado un sin número de tecnologías amigables con el medio ambientes mediante la aplicación de la fitorremediación en procedimientos de ingeniería, tales como los humedales artificiales, donde existe una interacción entre el metabolismo bacteriano y los procesos de absorción y acumulación, eliminando las impurezas de estanques facultativos, en la que se emplea el uso de especies vegetales, así como las flotantes, siendo una de ellas con mayor efectividad en depuración, el <i>Eichhornia crassipes</i></p>	<p>El hábitat de la especie de macrófita <i>Pistia stratiotes</i> son las aguas estancadas o con débil corriente y éutrofas, que se utiliza ampliamente como hornamental en fuentes y estanques, así como también en el tratamiento de aguas residuales domésticas.</p> <p>Esta especie macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> tiene como hábitat los bordes de ríos, canales, charcas y otros humedales con aguas estancadas o con poca corriente y éutrofas, así mismo pueden ser utilizadas como ornamental en fuentes y jardines en los países de clima templado, comportándose como invasora, de igual</p>	Estratos filtrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Arena fina de Río Cumbaza. • Piedrilla de 1/8" de los Ríos Cumbaza y Shilcayo. • Piedra de 3/4" de los Ríos Cumbaza y Shilcayo. • Piedra de 1" del Río Shilcayo. • Piedra de 1 ½" del Río Cumbaza (porosas). 	Razón	m ³
------------------------	---	--	---------------------	--	-------	----------------

<p>(Jacinto de agua), quien elimina contaminantes por su rápido crecimiento y su extenso sistema de raíces. Por lo que la laguna de la especie, funciona como filtro de goteo horizontal, en la que se proporciona el apoyo físico para el crecimiento de las bacterias biológicas en las raíces, así como también los estratos del suelo, utilizados para enriquecer la población microbiana en forma de biofilm dentro de la unidad de humedal (VALIPOR, KALYAN y AHN, 2015).</p>	<p>manera puede ser utilizada como un método para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Cabe recalcar que dicha especie es una planta perenne, flotante, con tallos reducidos a un simple nudo y con roseta de hojas basales. Posee pecíolos reinflados en forma de globo formando una vejiga llena de aire que permite a las hojas mantenerse sobre la superficie del agua, de igual manera cuenta con raíces muy abundantes en forma de melena, con la parte final blanca cuando son jóvenes, negro-violácea cuando son adultas.</p>	<p>Estructura del sistema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente 1: Biofiltro (filtración del agua residual con sustratos). • Recipiente 2: tratamiento con macrófita acuática (<i>Pistia stratiotes</i>). • Recipiente 3: tratamiento con macrófita acuática (<i>Eichhornia crassipes</i>). 	<p>Intervalo m</p>
---	---	-------------------------------	--	--------------------

2.3. Población, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

La población se estimó por la cantidad de agua residual dispuesta en el sistema de biofiltro, que comprende de un volumen total de 0.24 m³, haciendo un total de 240.000 ml a utilizar. La cual se distribuyó 196000 ml en los recipientes con macrófitas acuáticas y el restante para las dos primeras tomas de muestra que comprende de 8200 ml.

Muestra

Se realizaron 8 tomas de muestras de agua residuales domésticas cada 72 horas cada una. Para los parámetros microbiológicos se recolectó 300ml y para los parámetros químicos 3800 ml, haciendo un total de 4.1 litros por muestra y 32.8 litros correspondientes a los 9 días de evaluación.

Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que ñas muestras evaluadas fueron seleccionadas al inicio y al final del tratamiento, la cual está constituida por 2 procesos: pre tratamiento y tratamiento secundario. Las evaluaciones se dividieron en 4 tiempos diferentes, cada una con 2 tomas de muestra diferentes de cada reactor, en un intervalo de tiempo de 72 horas.

1^{er} tiempo: Corresponde a las primeras 24 horas después de la incorporación del agua residual al sistema de biofiltro, donde se realizó las 2 primeras tomas de muestras. La primera toma de muestra correspondiente al efluente de aguas residuales y segunda toma de muestra a la salida del filtro que se encuentra dentro del sistema.

2^{do} tiempo: 72 horas después de la incorporación del agua residual al sistema de biofiltro, donde se realizó la tercera y cuarta toma de muestra. La tercera toma de muestra corresponde a la salida del primer reactor con *Pistia stratiotes* y la cuarta toma de muestra a la salida del segundo reactor con *Eichhornia crassipes*.

3^{er} tiempo: 144 horas después de la incorporación del agua residual al sistema de biofiltro, donde se realizó la quinta y sexta toma de muestra. La quinta

toma de muestra corresponde a la salida del primer reactor con *Pistia stratiotes* y la sexta toma de muestra a la salida del segundo reactor con *Eichhornia crassipes*.

4^{to} tiempo: 216 horas después de la incorporación del agua residual al sistema de biofiltro, donde se realizó la séptima y octava toma de muestra. La séptima toma de muestra corresponde a la salida del primer reactor con *Pistia stratiotes* y la octava toma de muestra a la salida del segundo reactor con *Eichhornia crassipes*.

Dicho esto, se tiene las concentraciones de estratos del primer reactor, que comprende: 1 m de largo x 0.4 m de ancho x 0.5 m de alto (pre tratamiento):

Tabla 3

Distribución de estratos del filtro

Biofiltro (recipiente 1)	
0.02 cm³	Arena fina de Río Cumbaza.
0.008 cm³	Piedrilla de 1/8" del Río Shilcayo.
0.004 cm³	Piedra de 3/4" de los Ríos Cumbaza y Shilcayo.
0.004cm³	Piedra de 1" del Río Cumbaza y Shilcayo.
0.002cm³	Piedra de 1 ½" del Río Cumbaza (porosas).

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Para ello, la construcción del biofiltro contempla de un sistema de distribución con materiales de PVC con 2 pulgadas en la salida del filtro hacia los dos recipientes con una altura de 0.05 m. Teniendo en cuenta, que se encuentra a una pendiente del 5% para la mejor caída del medio acuoso hacia los grupos experimentales (BUENFIL, 2006). Siendo estas las siguientes:

- 1 tubo de 1 ½".
- 7 niples de 1 ½ x 2".
- 5 válvulas de paso de 3/4".
- 7 adaptadores de 3/4"
- 4 reductores de 1 ½ a 3/4".
- 5 uniones con roscas de 1 ½".
- 4 uniones mixtas de 1 ½".
- Pegamento.
- 1 tubo de silicona.
- 4 teflones.

Posteriormente, los dos reactores (tratamiento secundario), que contemplan: 0.7m de largo x 0.4m de ancho x 0.5 m de largo. En la que disponen de las especies acuáticas flotantes:

Tabla 4

Taxonomía de las especies macrófitas

Macrófitas Acuáticas		
<i>Pistia stratiotes</i> (Repollito de agua)	• Reino: Plantae.	
	• Familia: Araceae	
	• Género: <i>Pistia</i> .	
	• Especie: <i>Pistia stratiotes</i>	
<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	• Reino: Plantae.	
	• Familia: Pontederiaceae.	
	• Género: <i>Eichhornia</i> .	
	• Especie: <i>Eichhornia crassipes</i> .	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Criterios de selección

Los criterios de selección fueron:

- Vertimiento de aguas residuales domésticas.
- Tipos de contaminantes a evaluar.
- Periodo de toma de muestra.
- Diseño del sistema de biofiltro con macrófitas acuáticas.

2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica

La palabra técnica, es el conjunto de procedimientos de una ciencia, que permite el manejo adecuado del instrumento, que corresponde la teoría de una práctica (VILLAREAL, 2000). Por lo tanto, en la recolección de los datos, las técnicas vienen a ser todas aquellas que están relacionadas con la selección y aplicación de instrumentos para su posterior análisis mediante el registro directo de la información. Es por ello, que para el proyecto de investigación se utilizó una técnica analítica de recopilación de datos. El cual, compete de las observaciones y de información existente en la jurisdicción y de la zona estudio. Así mismo, se adquirió información a través de libros virtuales, artículos científicos, normas, guías y tesis. Teniendo la siguiente técnica:

- Guía de observación.

Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son aquellos dispositivos que permiten al investigador observar y/o medir los fenómenos empíricos, las cuales son artefactos diseñados para obtener información de la realidad. (YUNI y URBANO, 2006).

El instrumento forma parte de uno de los aspectos de las técnicas de investigación, siendo dispositivos que tiene como función la obtención de datos. Por lo tanto, se elaboró una cadena de custodia, siendo esto el instrumento utilizado, donde el investigador va a clasificar los aspectos significativos con respecto a los objetivos planteados en dicho formato.

Validez

Para validar cada técnica e instrumento, se requirió de la experiencia y los conocimientos adquiridos por los expertos en la preparación y en la toma de muestras, siendo los personajes los siguientes:

- Blg. Delia Portella Malgarejo.
- Ing. Fernando Vásquez Vásquez.
- Ing. Henry Carbajal Mogollón.

Confiabilidad

El presente proyecto de investigación tendrá como confiabilidad los laboratorios certificados para el análisis de muestras, de igual manera de las técnicas estadísticas, tales como la guía de observación que establece una lista de cotejo dentro de una cadena de custodia.

2.5. Método de análisis de datos

La metodología que se utiliza tiene como primer punto el proceso de recolección de datos, en la que se a cabo a través de la toma de muestra periódica en el afluente y el efluente del medio en los meses consecutivos del estudio, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y meteorológicas, para ello se realizará la preparación y la extracción de las muestras con las respectivas medidas de bioseguridad, identificando la remoción de las especies por la expansión extensiva a corto plazo, de esta manera, la obtención de datos, se llevará a cabo a través del análisis de muestras con respecto a los resultados obtenidos. Todo esto enmarca al segundo punto que es el Plan de Tratamiento de Datos, en el que se tendrá en cuenta cada uno de los procesos, desde el inicio hasta a culminación del proyecto. Finalmente, el tercer punto, que indica el plan de análisis e interpretación de datos, nos da a conocer que herramientas utilizaremos para obtener los resultados.

Proceso de recolección de datos

La recolección de datos es un proceso meticuloso y difícil, puesto que requiere en este caso, de una cadena de custodia, la cual sirve para obtener la información necesaria, al estudiar la capacidad de depuración de las dos especies macrófitas a través de una serie de monitoreo realizados. Para dicha recolección de datos de debe tomar en cuenta:

a) Muestreo del agua

Para evaluar la capacidad de depuración de las dos especies macrófitas flotantes se realizará el muestreo del efluente de aguas residuales domésticas del distrito de Tarapoto y del sistema de biofiltro del lugar de estudio. Debido a ello se seleccionaron 8 parámetros, las cuales nos permitirán determinar el grado

depuración de las especies *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, las cuales son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Fosfatos (PO_4^{-3}).
- Nitratos (NO_3^-).
- Coliformes Termotolerantes (C. Ter).
- Coliformes Totales (C.T).
- pH
- Temperatura (T°).

b) Preparación y extracción de muestras

En la toma de muestra para los 8 parámetros, se realizó un plan de muestreo de aguas residuales que consta del punto de cada uno de los puntos experimentales en el distrito de Tarapoto, la cual, se basa en tres repeticiones. Donde, para el muestreo, se identificó como primer punto el afluente de aguas residuales de la ciudad de Tarapoto y como segundo punto el sistema de biofiltro con macrófitas flotantes.

- **P1:** En este punto se realizó la toma de muestra del afluente de aguas residuales domésticas del distrito de Tarapoto, ubicada a espaldas de la Universidad Alas Peruanas, en la ladera del Río Shilcayo. Dicho esto, se recolecto el agua residual en dos bidones de 30L, en el primer día de evaluación. Teniendo en cuenta el uso de los implementos de seguridad y los materiales correspondientes.



Figura 7. Toma de muestra del efluente de aguas residuales domésticas

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

- **P₂**: Ubicado en el sistema de biofiltro. En este punto se recolecta la muestra de agua resultante de estratos filtrantes de la salida del filtro del sistema.



Figura 8. Toma de muestra de la salida del filtro.

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

- **P_{3,5,7}**: Ubicado en el sistema de biofiltro donde se encuentra la especie macrófitas *Pistia stratiotes*. Dichas muestras fueron tomadas cada 72 horas después de la incorporación de dichas especies en el sistema de biofiltro.



Figura 9. Toma muestra de la salida del sistema de biofiltro con *Pistia stratiotes*.

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

- **P4, 6, 8:** Ubicado en el sistema de biofiltro donde se encuentra la macrófitas *Eichhornia crassipes*. Dichas muestras fueron tomadas cada 72 horas después de la incorporación de dichas especies en el sistema de biofiltro.



Figura 10. Toma de muestra de la salida del sistema de biofiltro con *Eichhornia crassipes*.

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

c) Análisis de muestra

Los análisis para determinar la eficiencia de rección de las dos especies macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* se realizaron en laboratorio de la siguiente manera:

• Análisis en laboratorio

Para los análisis químicos como: nitratos, fosfatos, demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), se realizaron en el laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano Inspectorate Services Perú S.A.C. de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad INACAL – DA, con registro N° LE-031, ubicada en la ciudad de Lima.

Para los análisis microbiológicos como: coliformes totales y termotolerantes, que vienen a ser comunidades bacteriológicas, indicadoras de contaminación fecal, se realizaron en el laboratorio Referencial Regional de Salud Pública San Martín de la Dirección de Salud San Martín, ubicada en el distrito de Morales.

Finalmente, los análisis de pH y temperatura se realizaron en el segundo laboratorio de microbiología del área de fitopatología del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), sede Tarapoto.

Plan de tratamiento de datos

El plan de tratamiento de datos, consiste en una serie acciones tales como la toma de muestra, que se dio en cuatro monitoreos en un periodo de tiempo de nueve días como también los medios utilizados para extraer y gestionar los materiales inducidos dentro del sistema de biofiltro y aquellos que forman parte de la estructura del mismo. Fue así, que, de esta manera, a la construcción del sistema, se recopila la información a través de los resultados. Siendo parte de ella, la técnica de investigación, que viene a ser, la observación conjuntamente con la cadena de custodia, resaltado la lista de cotejo en la que señala la materia prima utilizada y los parámetros evaluados. A ello, se señala, la elaboración de los trabajos previos donde hiso uso de la recopilación bibliográfica, para enriquecer el marco teórico en la descripción de términos establecidos en el trabajo.

Plan de análisis e interpretación de datos

Para el análisis estadístico se ha utilizado el programa excel, donde se identifica los resultados obtenidos cada 72 horas durante la experimentación, con un total de 8 parámetros entre químicos y microbiológicos tales como el DBO, DQO, PO_4^{-3} , NO_3^- , coliformes totales, coliformes termo tolerantes, pH y temperatura, considerando que, si los valores son menores a 0,05, quiere decir que estadísticamente es significativo según el monitoreo y el tratamiento aplicado.

Así mismo, para determinar la actividad de remoción de las especies macrófitas, de aplica su eficiencia en la siguiente fórmula (VALIPOUR, KALYAN y AHN, 2015):

$$Eficiencia\ de\ remoción\ (\%) = \left[\frac{Ca - Ce}{Ca} \right] \times 100$$

Donde:

Ca: concentraciones en el afluente.

Ce: concentraciones en el efluente.

Sabiendo que el agua residual se divide en dos tipos:

- a. **Agua residual cruda:** También conocida como afluente, aquella que ingresa a un planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde se ubicará un punto de monitoreo antes de la llegada del agua residual a la PTAR o en todo caso, si existen sólidos de gran tamaño para la toma de muestras, la recogida se deberá ubicar después del proceso de cribado, separando sólidos grandes y pequeños para su posterior tratamiento de dicha agua residual (MVCS, 2013).
- b. **Agua residual tratada:** También conocida como efluente, aquél agua que sale después de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que consta de un dispositivo de salida, que puede ser un medidor de flujo, caja de registro, buzón de inspección u otra estructura, en la que se ubicará los puntos de muestreo, teniendo en cuenta, que la muestra sea representativa al flujo, donde existiera una mejor mezcla, que se accesible y seguro (MVCS, 2013).

2.6. Aspectos éticos

Durante la elaboración del presente proyecto de investigación, se respetó los derechos de autor mediante el citado con la norma ISO, de cada uno de ellos, las cuales contribuyeron en el enriquecimiento teórico. De igual manera se realizó la validación del instrumento con los expertos en el tema, para la recolección de datos. También se contó con el servicio de laboratorios para los análisis respectivos y la obtención de los resultados. Finalmente, el uso del programa EXCEL y la fórmula del % de remoción, se utilizó con la finalidad de determinar la eficiencia de la eficiencia de las especies durante la experimentación, en un sistema de biofiltro de aguas residuales

III. RESULTADOS

Parámetros microbiológicos

Tabla 5

Remoción de contaminantes microbiológicos del vertimiento y salida del filtro de aguas residuales domésticas

Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	T°	Concentración	LMP	
24 hrs	P ₁	Vertimiento de	C.T	35°C	1.6x10 ¹⁹ NMP/100 mL	...
		aguas residuales	C.Ter	44.5°C	1.6x10 ¹⁹ NMP/100 mL	10,000
	P ₂	Salida del	C.T	35°C	3.5x10 ¹⁸ NMP/100 mL	...
		filtro	C.Ter	44.5°C	2.4 x10 ¹⁸ NMP/100mL	10,000

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

Según la tabla 5 se puede observar que la muestra tomada de la salida del efluente corresponde al P₁ que pertenece al vertimiento de aguas residuales domésticas, donde los contaminantes microbiológicos, entre ellos, los coliformes totales y termotolerantes, obtuvieron un valor de 1.6x10¹⁹ NMP/100 mL, superando así los LMP que constan de 10,000 NMP/100 mL (DS N°003-2010 –MINAM).

Sin embargo, en el P₂ que hace referencia a la salida del filtro, se observa que los sustratos utilizados, influyen en la remoción de contaminantes, de manera que se obtiene una cierta disminución de estos, donde los coliformes termotolerantes se encontraron a 2.4 x10¹⁸ NMP/100 mL, a una temperatura de 44.5°C, a diferencia de los coliformes totales con 3.5x10¹⁸ NMP/100 mL, a una temperatura de 35°C en 24 hrs, en las cuales, los dos parámetros superan considerablemente los LMP de aguas residuales, predicho en el DS N°003-2010 –MINAM.

Tabla 6

Remoción de contaminantes microbiológicos de la especie macrófita Pistia stratiotes en un sistema de biofiltro.

Especie	Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	T°	Concentración	LMP	
PISTIA STRATIOTES	72 hrs	P ₃	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	1.1x10 ¹⁰ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	7.0 x10 ⁹ NMP/100 mL	10,000
	144 hrs	P ₅	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	1.4x10 ⁸ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	3.3x10 ⁶ NMP/100 mL	10,000
	216 hrs	P ₇	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	4.9x10 ⁸ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	4.9 x10 ⁸ NMP/100mL	10,000

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

En la tabla 6 se puede observar que en el P₃ - salida del sistema de biofiltro con la especie macrófita *Pistia stratiotes*, correspondiente al segundo monitoreo, 72 horas después de la primera toma de muestra, indica la remoción de coliformes totales a 1.1x10¹⁰ NMP/100 mL, con una temperatura de 35°C, a diferencia de los coliformes termotolerantes, que disminuyen a un 7.0 x10⁹ NMP/100 mL, a una temperatura de 44.5°C, sobrepasando los LMP establecidos por el DS N°003-2010 –MINAM, que contempla de 10,000 NMP/100 mL respectivamente. Donde indica que la especie macrófita *Pistia stratiotes* removi6 menor cantidad de coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Así mismo, en el P₅ - correspondiente al tercer monitoreo, después de 144 horas, se ha removido 3.3 x10⁶ NMP/100 mL coliformes termotolerantes, a una temperatura de 44.5°C, donde se observó que en el tratamiento con la especie macrófita *Pistia stratiotes*, tuvo mayor eficiencia en la remoción de coliformes totales a un valor de 1.4x10⁷ NMP/100 mL, a 35°C, superando así, los LMP de las aguas residuales dispuestas por el DS N°003-2010 –MINAM.

Mientras que, en el P₇ - correspondiente al cuarto monitoreo, después de 216 horas, las concentraciones de los coliformes totales y termotolerantes obtenidas por los análisis microbiológicos fueron 4.9×10^8 NMP/100 mL, las cuales indican que dichas concentraciones son mayores a la del tercer monitoreo, superando así los LMP que establece el DS N°003-2010 –MINAM.

Tabla 7

Remoción de contaminantes microbiológicos de la especie macrófita Eichhornia crassipes en un sistema de biofiltro

Especie	Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	T°	Concentración	LMP	
EICHHORNIA CRASSIPES	72 hrs	P ₄	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	3.3x10 ⁹ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	2.6 x10 ⁹ NMP/100 mL	10,000
	144 hrs	P ₆	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	2.0x10 ⁸ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	1.2 x10 ⁸ NMP/100 mL	10,000
	216 hrs	P ₈	Salida del sistema de biofiltro	C.T	35°C	3.2x10 ⁷ NMP/100 mL	...
				C.Ter	44.5°C	1.4 x10 ⁷ NMP/100mL	10,000

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

En la tabla 7: Se observa que en el P₄ - salida del sistema de biofiltro con la especie macrófita *Eichhornia crassipes*, correspondiente al segundo monitoreo, 72 horas después de la primera toma de muestra, se obtuvieron los valores de los coliformes totales un 3.3×10^9 NMP/100 ML, con una temperatura de 35°C, notándose así una leve diferencia entre los coliformes termotolerantes con 2.6×10^9 NMP/100 mL, a una temperatura de 44.5°C. En la cual, indica que la especie flotante, removi6 mayor concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes. Sin embargo, dichos resultados sobrepasan los LMP de aguas residuales, que corresponde a 10,000 NMP/100 mL, indicados en el DS N°003-2010 –MINAM.

Así mismo, en el P₆ - correspondiente al tercer monitoreo, después de 144 horas, nos muestra, que los coliformes totales aumentaron su concentración a 2.0×10^8 NMP/100 mL, con una temperatura de 44.5°C. Mientras que los coliformes termotolerantes disminuyeron su concentración a 1.2×10^8 NMP/100 mL, a 35°C. Sin embargo, siguen superando los LMP del DS N°003-2010 – MINAM.

Mientras que en el P₈ - correspondiente al cuarto monitoreo, después de 216 horas, se observa una disminución considerable de los parámetros microbiológicos estudiados, donde la macrófita tuvo mayor remoción de los coliformes termotolerantes a 1.4×10^7 NMP/100 mL, con una temperatura de 44.5°C y posteriormente 3.2×10^7 NMP/100 mL de coliformes totales a 35°C respectivamente. En la cual no se encuentran dentro del rango establecido en los LMP (DS N°003-2010 – MINAM).

Parámetros químicos

Tabla 8

Remoción de contaminantes químicos del vertimiento y salida del filtro de las aguas residuales domésticas

Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	Unidad	Concentración	LMP	
24 hrs	P ₁	Vertimiento de aguas residuales	Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	0.77	...
			Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	22.170	...
			DBO ₅	mg/L O ₂	339.4	100
			DQO	mg/L O ₂	46 8.9	200
	P ₂	Salida del filtro	Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	0.77	...
			Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	8.838	...
			DBO ₅	mg/L O ₂	89.1	100
			DQO	mg/L O ₂	163.5	200

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

Según la tabla 8 se puede observar que en la muestra tomada en el P1- vertimiento de las aguas residuales domésticas, los contaminantes químicos, entre ellos los nitratos, se obtuvo una concentración mínima de 0.77 mg/L NO_3^- , al igual que en P2 – salida de filtro. Así mismo se obtuvo un 22.170 mg/L PO_4^{3-} de fosfatos, el cual se redujo y en el P2 a 8.838 mg/L PO_4^{3-} . Consiguiente, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en el P1, se concentra a 339.4 mg/L O_2 , la cual sobrepasa los LMP (DS N°003-2010 – MINAM) que consta 100 mg/L, sin embargo, en el P2 se observó una remoción a 89.1 mg/L O_2 , la cual se encuentra dentro de los LMP (DS N°003-2010 – MINAM). Mientras que en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), tuvo como concentración inicial 468.9 mg/L O_2 , sobrepasando los LMP de 200 mg/L (DS N°003-2010 – MINAM), de tal modo en la segunda toma de muestra se logró alcanzar 163.5 mg/L O_2 , hallándose dentro de los límites establecidos.

Tabla 9

Remoción de contaminantes microbiológicos de la especie macrófita Pistia stratiotes en un sistema de biofiltro

Especie	Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	Concentración	LMP	
PISTIA STRATIOTES	72 hrs	P ₃	Salida del	Nitratos	0.17 mg/L NO ₃ ⁻	...
			sistema de biofiltro	Fosfatos	8.546 mg/L PO ₄ ⁻³	...
				DBO ₅	70.3 mg/L O ₂	100
				DQO	180.1 mg/L O ₂	200
	144 hrs	P ₅	Salida del	Nitratos	<0.06 mg/L NO ₃ ⁻	...
			sistema de biofiltro	Fosfatos	7.895 mg/L PO ₄ ⁻³	...
				DBO ₅	18.5 mg/L O ₂	100
				DQO	87.1 mg/L O ₂	200
	216 hrs	P ₇	Salida del	Nitratos	<0.06 mg/L NO ₃ ⁻	...
			sistema de biofiltro	Fosfatos	9.236 mg/L PO ₄ ⁻³	...
				DBO ₅	16.3 mg/L O ₂	100
				DQO	101.8 mg/L O ₂	200

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

En la tabla 9 se puede observar que en el P₃ - salida del sistema de biofiltro con la *especie* *macrófita Pistia stratiotes*, correspondiente al segundo monitoreo, 72 horas después de la primera toma de muestra, indica que dicha especie macrófita removi6 con mayor eficiencia los nitratos a un 0.17 mg/L NO₃⁻, de igual manera logr6 remover los fosfatos a 8.546 mg/L PO₄⁻³. Por otra parte, la mayor concentraci6n lo obtuvo la Demanda Qu6mica de Ox6geno (DQO) con 180.1mg/L O₂ y la Demanda Bioqu6mica de Ox6geno (DBO₅) con 70.3mg/L O₂, las cuales se encuentran dentro de los LMP (DS N°003-2010 –MINAM).

As6 mismo, en el P₅ - correspondiente al tercer monitoreo, despu6s de 144 horas de la primera toma de muestra, se puede observar que hubo mayor eficiencia en la remoci6n de nitratos a <0.06 mg/L NO₃, consiguiendo de los fosfatos con 7.895 mg/L PO₄⁻³. As6 mismo, la Demanda Bioqu6mica de Ox6geno (DBO₅) con 18.5 mg/L O₂ y la Demanda Qu6mica de Ox6geno (DQO) un 87.1 mg/L O₂, encontr6ndose dentro de los LMP de las aguas residuales dispuestas por el DS N°003-2010 –MINAM.

Mientras que, en el P₇ - correspondiente al cuarto monitoreo despu6s de 216 horas de la primera toma de muestra, las mayores concentraciones se obtuvieron de la Demanda Bioqu6mica de Ox6geno (DBO₅) con 16.3 mg/L O₂ y la Demanda Qu6mica de Ox6geno (DQO) un 101.8 mg/L O₂, las cuales se encuentran dentro LMP que establece el DS N°003-2010 –MINAM. Sin embargo, la *Pistia stratiotes* tuvo mayor eficiencia de remoci6n de nitratos con un <0.06 mg/L NO₃⁻ y 9.236 mg/L PO₄⁻³ de fosfatos.

Tabla 10

*Remoción de contaminantes químicos de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* en un sistema de biofiltro*

Especie	Tiempo	Toma de muestra	Ensayo	Concentración	LMP
EICHHORNIA CRASSIPES	72 hrs	P ₄ Salida del sistema de biofiltro	Nitratos	0.18 mg/L NO ₃ ⁻	...
			Fosfatos	16.873 mg/L PO ₄ ⁻³	...
			DBO ₅	92.5 mg/L O ₂	100
			DQO	184.3 mg/L O ₂	200
	144 hrs	P ₆ Salida del sistema de biofiltro	Nitratos	0.15 mg/L NO ₃ ⁻	...
			Fosfatos	16.245 mg/L PO ₄ ⁻³	...
			DBO ₅	19.5 mg/L O ₂	100
			DQO	108.6 mg/L O ₂	200
	216 hrs	P ₈ Salida del sistema de biofiltro	Nitratos	<0.06 mg/L NO ₃ ⁻	...
			Fosfatos	17.367 mg/L PO ₄ ⁻³	...
			DBO ₅	23.1 mg/L O ₂	100
			DQO	117.4 mg/L O ₂	200

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

En la tabla 10 se puede observar que en el P₄ - salida del sistema de biofiltro con la especie macrófita *Eichhornia crassipes*, correspondiente al segundo monitoreo, 72 horas después de la primera toma de muestra, indica que dicha especie macrófita removió con mayor eficiencia los nitratos a un 0.18 mg/L NO₃⁻. De igual manera logró remover los fosfatos a 16.873 mg/L PO₄⁻³. Por otra parte la mayor concentración lo obtuvo la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con 184.3 mg/L O₂ y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con 92.5mg/L O₂, las cuales se encuentran dentro de los LMP (DS N°003-2010 –MINAM).

Así mismo, en el P₆ - correspondiente al tercer monitoreo, después de 144 horas de la primera toma de muestra, se puede observar que hubo mayor eficiencia en la remoción de nitratos a 0.15 mg/L NO₃, consiguiente de los fosfatos con 16.245 mg/L PO₄⁻³. Así

mismo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con 19.5 mg/L O₂ y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) un 108.6 mg/L O₂, encontrándose dentro de los LMP de las aguas residuales dispuestas por el DS N°003-2010 –MINAM.

Mientras que, en el P₈ - correspondiente al cuarto monitoreo, después de 216 horas de la primera toma de muestra, las mayores concentraciones se obtuvieron de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) con 23.1 mg/L O₂ y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) un 117.4 mg/L O₂, las cuales se encuentran dentro LMP que establece el DS N°003-2010 –MINAM. Sin embargo, la *Eichhornia crassipes* tuvo mayor eficiencia de remoción de nitratos con un <0.06 mg/L NO₃⁻ y 17.367 mg/L PO₄⁻³ de fosfatos.

Parámetros de pH y temperatura

Tabla 11

Análisis del pH en un evaluación inicial y final del sistema de biofiltro con especies macrófitas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes.

Ensayo	Unidad	P1: Punto de vertimiento de aguas residuales	P7: Salida del sistema de biofiltro - <i>Pistia stratiotes</i> (216 Hrs)	P8: Salida del sistema de biofiltro - <i>Eichhornia crassipes</i> (216 Hrs)
pH	Unidad	6.93	8.13	7.73
Tempereatura (T°)	°C	24.3	24.3	24.3

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Tabla 12

pH de los LMP para aguas residuales domésticas

Ensayo	Unidad	LMP	
pH	Unidad	6.5	8.5

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químico a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Interpretación

Según la figura 15 y tabla 11 se puede observar que en el P1- vertimiento de aguas residuales domésticas, constituye una concentración de 6.93 pH inicial, siendo considerada levemente ácido, el cual se encuentra dentro de los LMP (DS N°003-2010 –MINAM), sabiendo que este consta de 6.5 a 8.5 pH. Así mismo se puede identificar la diferencia con el pH final, que se representa con el P7 - salida del sistema de biofiltro con *Pistia stratiotes*, en una concentración de 8.13 pH, al ser ligeramente básico o alcalino, que viene a ser igual que el P8 - salida del sistema de biofiltro con *Eichhornia crassipes*, disminuyendo su concentración a 7.73 pH, teniendo en cuenta el cumplimiento de los LMP (DS N°003-2010 –MINAM) a una temperatura de 24.3°C.

IV. DISCUSIÓN

RODRÍGUEZ, María y GARCÍA, Karen. (2012), en su trabajo de investigación *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba-2011*, nos señala que la *Eichhornia crassipes*, fue la especie con mayor eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas, donde se obtuvo altas remociones de coliformes totales, nitratos, coliformes termotolerantes y DBO₅ ya que sus características climáticas por ser una zona templada, favorecía a su actividad depuradora de la especie, caso contrario en la zona de experimentación, que se caracteriza por temperaturas altas, en la cual provocó una menor remoción de contaminantes.

Para la *Pistia stratiotes*, los autores demostraron su vulnerabilidad en la depuración de aguas residuales, debido a los factores externos como la temperatura, radiación solar, la presencia de plagas y las elevadas concentraciones de detergentes que afectan los mecanismos de remoción de los fosfatos, nitratos, DBO₅, coliformes totales y termotolerantes. Mientras que, en el caso del trabajo de la investigación, la remoción de coliformes totales y termotolerantes, nitratos, fosfatos y DBO₅, fue favorable, ya que el medio acuoso es rico en nutrientes y la especie trabaja mejor en condiciones de temperaturas altas y tiempo de evaluación, ya que a mayor tiempo mayor depuración. Por lo tanto, se demostró la eficiencia de la especie, por lo que la concentración de detergentes no afectó a su funcionamiento, ya que el sistema que se utilizó fue a base de un prototipo de menor escala.

CASTILLO, Eisner (2017), en su tesis *Eficiencia de Lemna sp y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín*, menciona que el pH en el tratamiento con *Eichhornia crassipes* es de 7.25, estando en un estado de neutralidad, donde no es ni ácido ni básico. Por lo tanto, la purificación de aguas residuales en una zona templada y tropical, es favorable; con valores encontrados dentro de los rangos normales, entre 6.5 y 8.5. De igual manera existe una cierta similitud con el pH de la *Eichhornia crassipes*, con respecto a la investigación ya que se encuentra en un estado ligeramente neutro, yendo hacia la alcalinidad, el cual permite que la especie, tenga una buena remoción de nutrientes y al mismo tiempo se reproduzca mucho más rápido.

GARCIA, Zarela (2012), en su trabajo de investigación que se titula *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Nos señala que en el tratamiento con *Eichhornia crassipes* mostró que, en los dos días y medio de evaluación, su remoción de DBO₅, y fosforo total, no fue eficiente, ya que su remoción fue mínima con un pH d 6.86, considerándose neutro. Mientras que en la investigación en la DBO₅, si existe una mayor remoción en un periodo de 3 días, de igual manera el fosfato, con un pH de 8.1 en el tratamiento de Pistia stratiotes, donde al ser básico, los metales pesados empiezan a disminuir y facilitar la absorción de contaminantes por parte de la especie y con 7.73 en el tratamiento de la Eichhornia crassipes, viene a ser mediamente básico, donde el medio acuso tiende a tener una oxigenación un poco elevada a lo normal, que ayuda a la planta a desarrollarse de una mejor manera, siendo un indicador la expansión de las poblaciones vegetativas por el crecimiento de plantas hijas de cada planta madre.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. La aplicación de un sistema de biofiltro conformado por estratos filtrantes y especies macrófitas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* es eficiente, ya que remueve los contaminantes químicos y microbiológico que se encuentran en las aguas residuales domésticas. Se concluye, que los resultados obtenidos en las evaluaciones de las dos especies macrófitas flotantes, cumplen eficientemente su actividad de remoción, mediante la absorción de la planta y la interacción de microorganismos que se alojan alrededor de las raíces. De igual manera los estratos filtrantes utilizados, ayudaron en la retención, sedimentación y filtración de la materia orgánica.
- 5.2. Respecto a los análisis químicos realizados, se obtuvo que la *Eichhornia crassipes* removió el 74.962% de DQO y el 93.193% de DBO₅. Sin embargo, la *Pistia stratiotes* tuvo mayor eficiencia de remoción logrando así un 78.289% de DQO equivalente a 101.8 mg/L O₂ y 16.3 mg/L O₂ igual al 95.197% de DBO₅.
- 5.3. Se determinó la concentración de nitratos y fosfatos en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas, donde en la primera toma de muestra se obtuvieron un 0.77 mg/L NO₃⁻ y en el último monitoreo, disminuyó a un 0.06 mg/L NO₃⁻ equivalente al 92.207% para las dos especies macrófitas. Del mismo modo, a través de la actividad de remoción de la *Eichhornia crassipes* se logró remover el 21.664% de fosfatos presentes en el agua residual, sin embargo, la *Pistia stratiotes* tuvo una mayor remoción con un 58.340%.
- 5.4. Los análisis de aguas residuales domésticas determinaron la concentración de coliformes termotolerantes y coliformes totales en 1.6E+19 NMP/100mL inicialmente. Sin embargo, a las 216 Hrs después de la primera toma de muestra se pudo observar la disminución de coliformes totales y coliformes termotolerantes a 4.9E+8 NMP/100mL mediante la remoción de la especie macrófita *Pistia stratiotes*. Así mismo, se obtuvo 3.2E+7 NMP/100mL de coliformes totales mediante la remoción de la *Pistia stratiotes* y 1.4E+7 NMP/100mL de coliformes termotolerantes por la *Eichhornia crassipes*.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Informar a la población tarapotina sobre una alternativa de solución para el tratamiento de aguas residuales domésticas, a través de un sistema de biofiltro con macrófitas acuáticas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*.
- 6.2. Aplicar nuevos métodos de cosecha para el control y el uso adecuado de las macrófitas acuáticas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, periódicamente.
- 6.3. Escoger y habilitar un área despejada para la implementación o construcción del biofiltro por la generación de malos olores del agua residual, como también por la proliferación de vectores que son atraídos por las especies.
- 6.4. Evitar el ingreso de otras sustancias dentro del sistema de biofiltro; así mismo el contacto de objetos exteriores, para no alterar, modificar o contaminar el medio acuoso.
- 6.5. Añadir mayor concentración de sustratos para cada estrato que corresponde al primer reactor, para así obtener una mayor remoción de materia orgánica y de esta manera contribuir al mejoramiento de la calidad del agua.

REFERENCIAS

- ARIAS, Sergio Adrian [et al]. *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Informador Técnico. [en línea]. Diciembre 2010, vol.74. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/5/5
ISSN 2256-5035
- BADR, Said y ABDEL, Reda. *Potential uses of aquatic plants for wastewater treatment*. Microbiol Biotechnol Rep. [en línea]. Diciembre 2018, vol. 2, n.º 3. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2018] Disponible en <https://www.pulsus.com/scholarly-articles/potential-uses-of-aquatic-plants-for-wastewater-treatment.pdf>
- BRIX, Hans, SCHIERUP, Hans. *The Use of Aquatic Macrophytes in Water – Pollution Control*. Rev. Ambio [En línea]. Noviembre 1989, vol.18, n.º 2. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018]. Disponible en http://mit.biology.au.dk/~biohbn/hansbrix/pdf_files/Ambio_1989_100-107.pdf
ISSN 1119-8362
- BUENFIL, Jacinto. Biofiltro: La jardinera que filtra las aguas grises para reciclarlas. [en línea]. Tepoztlán: Sarar Transformación SC, 2006. [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2019]. Disponible en <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Gu--a-Explicativa-del-Biofiltro.pdf>
- CAMPOS, Christian. (2017). *Biofiltro con Eneas para el tratamiento de aguas residuales de la Institución Educativa Virgen de la Medalla Milagrosa Cerro la Vieja – Motupe 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- CARREÑO, Uriel Fernando. *Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes*. Rev. Colombiana de biotecnología. [en línea]. Julio-Diciembre 2016, vol.18, n.º 2. [Fecha de consulta: 23 de febrero de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752016000200010&lng=es&nrm=iso
ISSN 0123-3475
- CASTAÑEDA, Aldo Antonio y FLORES, Hugo Ernesto, *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en los Altos de Jalisco, México*.

Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad. [en línea]. Septiembre 2013, n.º 5. [Fecha de consulta: 8 de diciembre de 2019] Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499051554003>

ISSN 2007-3607

CASTILLO, Eisner. (2017). *Eficiencia de Lemna sp y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

CELIS, José, JUNOD, Julio y SANDOVAL, Marco. *Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas*. Theoria [en línea]. Mayo-Agosto 2005, vol. 14, n.º 1. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2018] Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900103>

ISSN 0717-196X

CIRUJANO, Santos y MEDINA, Leopoldo. *Plantas acuáticas de la laguna y humedales de castilla – La Mancha*. Real Jardín Botánico. Madrid España. 2002. 343p. ISBN 84-932269-4-7.

CHANDRA, Pakanati, VINUPRAKASH, K. y ARUN, Sija. *Treatment of domestic wastewater using Vermi-Biofiltration system with and without wetland plants*. Rev. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). [en línea]. Abril 2018, vol.9, n.º4. [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2019]. Disponible en <http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=4>

ISSN 0976-6316

CORONEL, Elver. (2016). *Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Chachapoyas, 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

CUEVA, William. (2016). *Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (Pistia stratiotes L.) y (Limnobium laevigatum R.) para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del cantón centinela del cóndor, provincia*

Zamora Chinchipe. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Zamora, Ecuador.

DELGADILLO, Omar [et al.]. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. [en línea]. Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). 2010. [Fecha de consulta: 22 de marzo del 2019]. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

ISBN 978-99954-766-2-5

DÍAZ, Elizabeth, ALAVARADO, Alejandro Rafael y CAMACHO, Karina Elizabeth. *El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México*. Quivera. Revista de Estudios Territoriales [en línea]. Enero-Junio 2012, vol. 14, n.º 1. [Fecha de consulta: 26 de febrero de 2019] Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005> ISSN 1405-8626

FERNÁNDEZ, Jesús et al. Manual de fitodepuración: filtros de macrófitas en flotación. [en línea]. Madrid: Ayuntamiento de Lorca, 2005. [Fecha de consulta: 30 de febrero de 2019]. Capítulo 7. Macrófitas de interés en fitodepuración. Disponible en <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%207.pdf>

FRERS, Cristian. *El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales*. Observatorio Medioambiental [en línea]. Febrero-Julio 2008, vol. 11. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2018] Disponible en <file:///C:/Users/Edwin%20Ramirez/Desktop/22465-Texto%20del%20art%C3%ADculo-22484-1-10-20110607.PDF> ISSN: 1139-1987

GARAY, Juan. (2016). *Biosistema para purificar aguas residuales del beneficio húmedo del café del distrito la Coipa en la región Cajamarca 2014*. (Tesis de postgrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

GARCÍA, Pablo; FERNÁNDEZ, Rocío y CIRUJANO, Santos. Habitantes del agua: macrófitos. [en línea]. Andaluza: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del

Territorio, 2009. [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2019]. Disponible en http://www.jolube.es/pdf/libro_macrofitos_andalucia_2010.pdf

ISBN 849280744X

GARCIA, Zarela. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

GONZÁLEZ, Odonel [et al]. *Estudio de patentes sobre tecnologías para tratamiento de agua y el agua residual*. Transinformação [en línea]. Septiembre-Diciembre 2014, vol. 26, n.º 3. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=384340897010>

ISSN 0103-3786.

GOPALAKRISHNAN, Ayyaru [et al]. *Integrated biological control of water hyacinths, Eichhornia crassipes by a novel combination of grass carp, Ctenopharyngodon idella (Valenciennes, 1844), and the weevil, Neochetina spp.* Chinese Society for Oceanology and Limnology, Science Press, and Springer-Verlag Berlin Heidelberg. [en línea]. Enero 2011, vol.29, n.º 1. [Fecha de consulta: 18 de enero de 2019]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s00343-011-0101-z#citeas>

ISSN 1993-5005

GREENFIELD, Ben [et al]. *Mechanical shredding of water hyacinth (Eichhornia crassipes): Effects on water quality in the Sacramento-San Joaquin River Delta, California*. Estuaries and Coasts. [en línea]. Agosto 2007, vol.30 n.º 4. [Fecha de consulta: 9 de febrero de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/226926568_Mechanical_shredding_of_water_hyacinth_Eichhornia_crassipes_Effects_on_water_quality_in_the_Sacramento-San_Joaquin_River_Delta_California

ISSN 1559-2723

GUPTA, Piyush; ROY, Surendra y MAHINDRAKAR, Amit. *Treatment of groundwater using phytoremediation technique at Kolar Gold Fields, India*. Int. J. Environmental Engineering [en línea]. 2015, vol. 7, n.º 1. [Fecha de consulta: 2 de

diciembre de 2018] Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/276432200_Treatment_of_groundwater_using_phytoremediation_technique_at_Kolar_Gold_Fields_India

ISSN: 2163-2634

GUPTA, Piyush; ROY, Surendra y MAHINDRAKAR, Amit. *Treatment of Water Using Water Hyacinth, Water Lettuce and Vetiver Grass - A Review*. Resources and Environment. [en línea]. 2012, vol. 2, n.º 5. [Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2018] Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/276432200_Treatment_of_groundwater_using_phytoremediation_technique_at_Kolar_Gold_Fields_India

ISSN: 2333-9721

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 4ª ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. 2006. 3-850 pp.

ISBN 970-10-5753-8

JUÁREZ, Luna. (2011). *Cambios en la composición del lirio acuático (Eichhornia crassipes) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica*. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.

LARIOS, Fernando, GONZALES, Carlos y MORALES, Yennyfer. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. Saber y hacer. [en línea]. Octubre 2015, vol. 2, n.º 2. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2018] Disponible en
<https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

ISSN 2311 – 7613

LEÓN, Robert. (2017). *Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras*. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

LEÓN, R. et al. *Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y Escherichia coli en aguas servidas*. Enfoque UTE [en línea]. Octubre-Diciembre 2018, vol.9, n.º 4. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2019]. Disponible en

http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000400131&lng=es&nrm=iso

ISSN 1390-6542.

LEY N° 28611- ley general del ambiente. Ministerio del ambiente. Lima. Perú. 13 octubre del 2005.

MARTELO, Jorge, LARA, Jaime A., *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte*. Ingeniería y Ciencia. [en línea].

Enero-Junio 2012, vol. 8, n.º 15. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2019]

Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83524069011>

ISSN 1794-9165.

MENDOZA, Lissette y FUENTES, Natalia. (2016). *Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos*. rev. udcaactual. divulg. cient. [en línea]. Enero-Julio 2016, vol.19, n.º

1. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2019]. Disponible en

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022&lng=en&nrm=iso

ISSN

0123-4226.

MENDOZA, Yoma, PÉREZ, Jhonny y GALINDO, Andres. (2018). *Evaluación del aporte de las plantas acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Inf. tecnol. [en línea]. Marzo 2018, vol.29, n.º

2. [Fecha de consulta: 5 de diciembre 2018]. Disponible en

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200205&lng=es&nrm=iso

ISSN 0718-0764.

METCALF Y EDDY. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertimiento y reutilización. [en línea]. Vol. 1. España: McGraw-Hill. 1995. [Fecha de consulta:

22 de marzo del 2019]. Disponible en

https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_-_METCALF_and_EDDY-FREELIBROS.ORG.pdf

ISBN 84-481-1727-1

MINISTERIO DEL AMBIENTE – MINAM. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Peru: 2010. 2pp

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (Perú). NPe 273, of. 13: Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR. Lima: OMA, 2013. 31 pp.

MUMTAZ, Shah [et al]. *Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater*. J.S. Afr. Inst. Civ. Eng. [en línea]. Septiembre 2015, vol.57, n.º 3. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-20192015000300003&lng=en&nrm=iso
ISSN 2309-8775.

OLIVEIRA, Rafael et al. *Application rates and filtering materials for biofilters in house sewage*. Rev. IDESIA. [en línea]. Enero-Abril 2013, vol.31, n.º1. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000100002&lng=es&nrm=iso
ISSN 0718-3429

PÉREZ, Elena [et al]. *Aquatic macrophytes tolerance to domestic wastewater and their efficiency in artificial wetlands under greenhouse conditions*. Rev. Hidrobiológica. [en línea]. Noviembre 2009, vol.19, n.º 3. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019]. Disponible en <http://redalyc.org/articulo.oa?id=57812781007>
ISSN 0188-8897

PÉREZ, Elena [et al], 2009; MUMTAZ, Shah [et al], 2015

PÉREZ, Jorge. *Manual de tratamiento de aguas* [en línea]. 1ª. Ed. Medellin: Universidad Nacional – Facultad de Minas, 1981. [fecha de consulta: 20 de marzo de 2019]. Disponible en http://bdigital.unal.edu.co/70/2/45_-_1_Prel_1.pdf

POMA, Víctor Raúl y VALDERRAMA, Ana C. *Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie Eichhornia*

Crassipes (jacinto de agua). Rev. Soc. Quím. Perú. [en línea]. Julio-Septiembre 2014, vol.80, n.º 3 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&nrm=iso
ISSN 1810-634X

QUISPE, Lizbeth [et al]. *Eficiencia de la especie macrófita Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros físicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental*. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo. [en línea]. Mayo-Agosto 2017, vol. 3, n.º 1. [Fecha de consulta: 4 de noviembre de 2018] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326855385_Eficiencia_de_la_especie_macrofita_Eichhornia_crassipes_Jacinto_de_agua_para_la_remocion_de_parametros_fisicoquimicos_metal_pesado_Pb_y_la_evaluacion_de_su_crecimiento_en_funcion_al_tiempo_y_adopcion
ISSN 2410-843x

RAMSAR y SALATHÉ, Tobias. *Manual de la Convención de Ramsar*. [en línea]. 6ª. Ed. Irán: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013. [fecha de consulta: 19 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>

REZANIA, Shahabaldin [et al]. *The efficient role of aquatic plant (wáter hyacinth) in treating domestic wasterwater in continuous system*. International Journal of Phytoremediation. [en línea]. Abril 2015, vol.18, n.º 7. [Fecha de consulta: 18 de enero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287286161_The_Efficient_Role_of_Aquatic_Plant_Water_Hyacinth_in_Treating_Domestic_Wastewater_in_Continuous_System
ISSN 1549-7879

RODRÍGUEZ, María y GARCÍA, Karen (2012). *Depuración de agua servida, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba -2011*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú.

- RODRIGUEZ, T. (2014) *Biofiltros, una opción para mejorar las características de las aguas residuales provenientes de tratamientos convencionales*. (Tesis de pregrado). Universidad Militar “Nueva Granada”, Bogotá.
- ROMERO, Leidi. (2016). *Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales es que llegan de manera directa al humedal Neuta en el Municipio de Soacha*. (Tesis de pregrado). Universidad Libre, Bogotá.
- SUNASS. Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento [en línea]. 1^{era}. ed. Lima – Perú: Tarea Asociación Gráfica Educativa, 2015. [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
DL- BNP: N° 2015 – 16066
- TORRES, Guillermo. (2014). *Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros*. (Tesis de doctorado). Universidad de Palmas de Gran Canaria, Gran Canaria, España.
- TOXQUI, Laura y BAQUERO, María. Agua para la salud, pasado, presente y futuro. [en línea]. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2012. [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2019]. Capítulo 2. Propiedades y funciones biológicas del agua. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
ISBN 978-84-00-09572-7.
- VALIPOUR. Alireza, KALYAN, Venkatraman y AHN, Young-Ho. *Effectiveness of Domestic Wastewater Treatment Using a Bio-Hedge Water Hyacinth Wetland System*. Water. [en línea]. Noviembre-Junio 2015, vol. 7. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2018] Disponible en https://pdfs.semanticscholar.org/a66e/f083b8aa5212125a1203a169fe5c547d6dfc.pdf?_ga=2.125541571.899157213.1561609049-1210220795.1561609049
ISSN 2073-4441
- VILLAREAL, Jaime. *Cucunubá: Modelo para un Desarrollo Sostenible*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia. 2000. 300p. ISBN 958- 9029 -30 -2.

WATER AND SANITATION PROGRAM (WSP). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. [en línea]. Honduras: AZER impresos, 2006. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/943351468247792589/pdf/360810WSP0rev0biofiltro01PUBLIC1.pdf>

YEE-BATISTA, Carmen. *Un 70% de las aguas residuales Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. Rev. Banco Mundial [En línea]. Diciembre 2013. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2018]. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

ISSN 0187-8336

YUNI, José y URBANO. *Técnicas para Investigar: Recursos Metodológicos para Proyectos de Investigación*. 2da ed. Editorial Brujas, Córdoba – Argentina. 2006, 116p. ISBN 987 -591- 020 – 1.

ANEXOS

Matriz de consistencia

Título: “Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnica e Instrumentos
<p>Problema general</p> <p>¿Las especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> removerán contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la concentración de DQO y DBO₅ en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018? 	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar las especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de DQO y DBO₅ en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018. 	<p>Hipótesis nula</p> <p>H₀: La aplicación de un sistema de biofiltro con especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, no remueve contaminantes microbiológicos y químicos en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.</p> <p>Hipótesis alternativa</p> <p>H₁: La aplicación de un sistema de biofiltro con especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, remueve contaminantes microbiológicos y químicos en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.</p>	<p>Técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación. <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cadena de custodia.

<ul style="list-style-type: none"> •¿Cuál es la concentración de Nitratos y Fosfatos en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018? •¿Cuál es la concentración de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018? 	<ul style="list-style-type: none"> •Determinar la concentración de Nitratos y Fosfatos en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018. •Determinar la concentración de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales en un sistema de biofiltro de aguas residuales domésticas a partir de la actividad de remoción de dos especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, Tarapoto 2018. 		
--	--	--	--

Diseño de investigación	Población y muestra	Variables y dimensiones													
<p>Se considera la aplicación del siguiente esquema:</p> <table><tr><td rowspan="2">GE₁</td><td>-O₁</td></tr><tr><td>X₁ O₂</td></tr><tr><td rowspan="2">GE₂</td><td>X₂ O₃</td></tr><tr><td>X₃ O₄</td></tr><tr><td rowspan="2">GE₃</td><td>X₂ O₅</td></tr><tr><td>X₃ O₆</td></tr><tr><td rowspan="2">GE₄</td><td>X₂ O₇</td></tr><tr><td>X₃ O₈</td></tr></table> <p>Donde:</p> <p>GE_1, GE_2, GE_3, GE_4 = Grupos experimentales.</p> <p>X_1, X_2, X_3 = Variable independiente o estímulo.</p> <p>O_1 = Pretest.</p> <p>$O_2 \dots O_8$ = Postest.</p>	GE ₁	-O ₁	X ₁ O ₂	GE ₂	X ₂ O ₃	X ₃ O ₄	GE ₃	X ₂ O ₅	X ₃ O ₆	GE ₄	X ₂ O ₇	X ₃ O ₈	<p>Población</p> <p>La población se estima por la cantidad de agua residual dispuesta en el sistema de biofiltro, que comprende de un volumen total de 0.24 m³, haciendo un total de 240.000 ml a utilizar. La cual se distribuye 196000 ml en los recipientes con macrófitas acuáticas y el restante para las dos primeras tomas de muestra que comprende de 8200 ml.</p> <p>Muestra</p> <p>Se realizaron 8 tomas de muestras de agua residuales domésticas cada 72 horas cada una. Para los parámetros microbiológicos se recolectó 300ml y para los parámetros químicos 3800 ml, haciendo un total de 4.1 litros por muestra y 32.8 litros correspondientes a los 9 días de evaluación.</p>	Variables	Dimensiones
		GE ₁	-O ₁												
	X ₁ O ₂														
	GE ₂	X ₂ O ₃													
		X ₃ O ₄													
	GE ₃	X ₂ O ₅													
		X ₃ O ₆													
	GE ₄	X ₂ O ₇													
		X ₃ O ₈													
	Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.	Parámetros químicos													
	Parámetros microbiológicos														
Biofiltro con Especies macrófitas (<i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>)	Estratos filtrantes														
	Especies macrófitas flotantes														
	Estructura del sistema														

Instrumento de recolección de datos

CADENA DE CUSTODIA

Dirección/Sector de la investigación:			Ubicación del Efluente:		Provincia: San Martín
			Distrito: Tarapoto		Departamento: San Martín
Responsables del muestreo:	Marie Elionor Paredes Vásquez	DNI: 71417431	Karol Patricia Ramirez Amacifuen	DNI: 72743847	

Proyecto: “Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”.

Fecha de muestreo	Hora de muestra	Estación de muestreo	Tipo de muestra (1)	N° de envases por punto de muestreo			Parámetros Físico-químicos (3)				Parámetros Biológicos (3)		Observaciones
				P (2)	V (2)	E (2)	DBO ₅	DQO	Nitratos	Fosfatos	Coli. Termotolerantes	Coliformes Totales	
11/05/19	17:00	Vertimiento de aguas residuales	ARD - Vertimiento	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
11/05/19	17:15	Salida de filtro	ARD – Salida de filtro	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
14/05/19	10:30	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Pistia stratiotes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
14/05/19	10:30	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Eichhornia crassipes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	

17/05/19	10:00	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Pistia stratiotes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
17/05/19	10:00	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Eichhornia crassipes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
20/05/19	9:30	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Pistia stratiotes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	
20/05/19	9:30	Sistema de biofiltro	ARD- <i>Eichhornia crassipes</i>	x	x	X	x	x	x	x	X	x	

- (1) **ARD** (Agua Residual Doméstica)
(2) **P** (Plástico), **V** (Vidrio), **E** (Estéril)
(3) Parámetros del Decreto Supremo N°003 -2010 –MINAM “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” y otros que se requiera para la investigación.



Marie Elionor Paredes Vásquez



Karol Patricia Ramirez Amacifuen

Validación de instrumento



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Deliz Esparanza Portela Melgarayo
 Institución donde labora : Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública
 Especialidad : Gestión Ambiental
 Instrumento de evaluación : Cadena de custodia
 Autor (s) del instrumento (s): _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						43

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

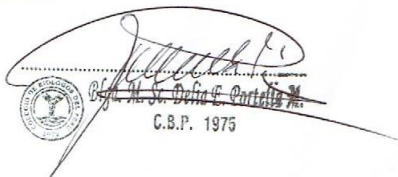
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento Cadena de custodia cumple con las especificaciones técnicas para su respectiva validación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:
2018

43

Tarapoto, 16 de Mayo de 2019.


 Deliz E. Portela M.
 C.B.P. 1975

Sello personal y firma



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Carbajal Mogollón, Henry
 Institución donde labora : Universidad Peruana Unión (UPU)
 Especialidad : Ingeniero Ambiental
 Instrumento de evaluación : Cadena de Custodia
 Autor (s) del instrumento (s): Karel Ramirez Amador / Paredes Vásquez Marie

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						


(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

La cadena de custodia cumple con los objetivos y las variables a evaluar

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44
 2018

Tarapoto, 20 de mayo de 2019


 Henry Carbajal Mogollón
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP. N° 135735

Sello personal y firma

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: VÁSQUEZ VÁSQUEZ FERNANDO
 Institución donde labora : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 Especialidad : M.Sc. GESTIÓN AMBIENTAL
 Instrumento de evaluación : CADENA DE CUSTODIA
 Autor (s) del instrumento (s): _____

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Remoción de contaminantes microbiológicos y químicos.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL					45	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CUMPLE CON LOS OBJETIVOS Y LAS VARIABLES A EVALUAR.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:
2018

45

Tarapoto, 29 de MAYO de





FERNANDO VÁSQUEZ VÁSQUEZ
ING. HIG. Y SEG. INDUSTRIAL
REG. CIR. 63546

Sello personal y firma

Resultados de laboratorio

Análisis microbiológicos

Punto 1: Vertimiento de aguas residuales

 San Martín GOBIERNO REGIONAL	DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD SAN MARTÍN LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN MARTÍN	
--	--	---

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 145 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
Fecha y hora inicio de muestreo : 11.05.2019 / 17:00 hrs.
Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 11.05.2019
Fecha inicio Ensayo : 11.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5°C (TNP/100 mL)
208	Agua residual doméstica	Punto de vertimiento de aguas residuales	1.6×10^{19}	1.6×10^{19}
		LMP		1.0×10^4
		METODO	APHA AWW WEF Part. 9221B, 21th ed. 2005	APHA AWW WEF Part. 9221E-1, 21th ed. 2005



Observación: Referencia. DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 16 de mayo del 2019


DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Bga. Msc. Delia E. Portella
RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA


DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Mágo. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL
REGIONAL S.P.S/M

Punto 2: Salida del filtro del sistema

 San Martín GOBIERNO REGIONAL	DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD SAN MARTÍN LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN MARTÍN	
--	--	---

"Año de la Lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 146 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 11.05.2019 / 17:00 hrs.
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 11.05.2019
 Fecha inicio Ensayo : 11.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5°C (NMP/100 mL)
209	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro	3.5×10^{18}	2.4×10^{18}
		LMP		1.0×10^4
		METODO	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed 2005

Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 16 de mayo del 2019


 Biga. Msc. Delia E. Portella Melgarejo
 RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA


 Mbiga. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Punto 3: Remoción de contaminantes con *Pistia stratiotes* / 72 horas después de la primera toma.



DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN MARTÍN

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 159 – UMAA-C/2019



SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 14.05.2019 / 10:30 am
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 14.05.2019
 Fecha inicio Ensayo : 14.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLOGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5 C (NMP/100 mL)
225	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Pistia stratiotes</i> / 72 Hrs	1.1×10^{10}	7.0×10^9
		LMP		1.0×10^4
		METODO	APHA AWW WEF Part. 9221B 21th ed. 2005	APHA AWW WEF Part. 9221E-1 21th ed. 2005

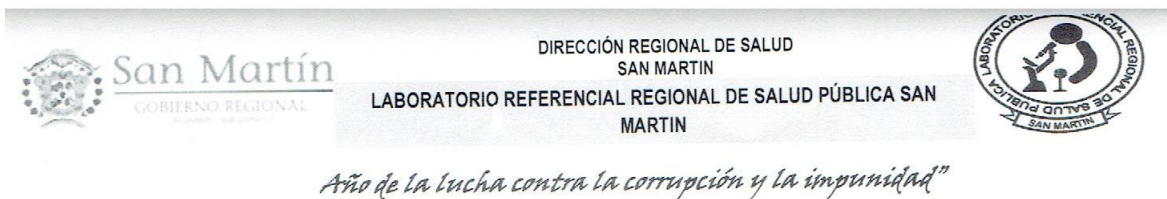
Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 21 de mayo del 2019


 Biga Msc. Diana E. Portaña Melgarejo
 RESR. ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS


 Mbigio MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Punto 4: Remoción de contaminantes con *Eichhornia crassipes* / 72 horas después de la primera toma.



INFORME DE ENSAYO N° 160 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 14.05.2019 / 10:30 am
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 14.05.2019
 Fecha inicio Ensayo : 14.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLOGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5°C (NMP/100 mL)
226	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> / 72 Hrs	3.3 x 10 ⁹	2.6 x 10 ⁹
		LMP		1.0 x 10 ⁴
		METODO	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005

Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 21 de mayo del 2019

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
 MSc. Dalia E. Torrealba Melgarejo
 AREA AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
 MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Punto 5: Remoción de contaminantes con *Pistia stratiotes* / 144 horas después de la primera toma.



San Martín
GOBIERNO REGIONAL

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN
MARTÍN



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 173 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.2019 / 10:00 am
Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 17.05.2019
Fecha inicio Ensayo : 17.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5°C (NMP/100 mL)
243	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Pistia stratiotes</i> / 144 Hrs	1.4 x 10 ⁷	3.3 x 10 ⁶
		LMP		1.0 x 10 ⁴
		METODO	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005

Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 24 de mayo del 2019

Bga. Msc. Deyanira Meigarejo
RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA

Mblgo. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL
REGIONAL S.P.S/M

Punto 6: Remoción de contaminantes con *Eichhornia crassipes* / 144 horas después de la primera toma.



San Martín
GOBIERNO REGIONAL
"Año de la Lucha contra la corrupción y la impunidad"

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN
MARTÍN



"Año de la Lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 174 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCIÓN : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
Fecha y hora inicio de muestreo : 17.05.2019 / 10:00 am
Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 17.05.2019
Fecha inicio Ensayo : 17.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLOGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5 C (NMP/100 mL)
244	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> / 144 Hrs	2.0×10^8	1.2×10^5
		LMP		1.0×10^4
		METODO	APHA. AWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA. AWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed 2005


Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 24 de mayo del 2019

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Bga. Msc. *[Firma]* Tortella Maldonado
* REG. AREA MICROBIOLOGIA Y QUIMICA

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Mblgo. MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL
REGIONAL S.P.S/M

Punto 7: Remoción de contaminantes con *Pistia stratiotes* / 216 horas después de la primera toma.




San Martín
GOBIERNO REGIONAL

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN MARTÍN

"Año de la Lucha contra la corrupción y la impunidad"



INFORME DE ENSAYO N° 179 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
 Fecha y hora inicio de muestreo : 20.05.2019 / 9:30 am.
 Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 20.05.2019
 Fecha inicio Ensayo : 20.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLOGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5 C (NMP/100 mL)
250	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Pistia stratiotes</i> / 216 Hrs	4.9 x 10 ⁸	4.9 x 10 ⁸
		LMP		1.0 x 10 ⁴
		METODO	APHA AWW WEF Part. 9221B. 21th ed. 2005	APHA AWW WEF Part. 9221E-1. 21th ed. 2005

Observación: Referencia DS N° 003 2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 28 de mayo del 2019


Mg. Msc. Della E. Portella Melgarejo
 RESP. AREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA


Mg. Msc. Heilbert Arévalo Ramírez
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.P.S/M

Punto 8: Remoción de contaminantes con *Eichhornia crassipes* / 216 horas después de la primera toma.



San Martín
GOBIERNO REGIONAL

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
SAN MARTÍN

LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN
MARTÍN



"Año de la Lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO N° 180 – UMAA-C/2019

SOLICITANTES: MARIE PAREDES VASQUEZ / KAROL PATRICIA RAMÍREZ AMACIFUEN
DIRECCION : Jr. Manuel Arévalo Orbe N° 677 - Tarapoto
Estudio: Evaluación de especies macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.

DATOS DEL MUESTREO

Procedencia de la muestra : Tarapoto / San Martín
Fecha y hora inicio de muestreo : 20.05.2019 / 9:30 am.
Muestreador : Interesado

CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción Laboratorio Analítico : 20.05.2019
Fecha inicio Ensayo : 20.05.2019

RESULTADOS

1. MICROBIOLÓGICO

COD LAB	MUESTRA		PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
	MATRIZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes a 44.5°C (NMP/100 mL)
251	Agua residual doméstica	Salida del Biofiltro - Remoción utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> / 216 Hrs	3.2 x 10 ⁷	1.4 x 10 ⁷
		LMP		1.0 x 10 ⁴
		METODO	APHA AWW, WEF, Part. 9221B, 21th ed. 2005	APHA AWW, WEF, Part. 9221E-1, 21th ed. 2005

Observación: Referencia DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Morales, 28 de mayo del 2019

San Martín
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Bigo, MSc. Delfa E. Porcucha Nazarejo
RESP. ÁREA MICROB. ALIMENTOS Y AGUA

San Martín
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL
Bigo, MSc. Heriberto Arévalo Ramírez
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL
REGIONAL S.P.S.M

Análisis químicos

Monitoreo 1: Toma de muestra de la vertiente de agua residual y filtro del respectivo sistema a estudiar.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56911L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO	: INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN	: N° LE - 031
CLIENTE	: KAROL PATRICIA RAMIREZ AMACIFUEN / MARIE ELIONOR PAREDES VASQUEZ
DIRECCIÓN	: Jr. Manuel Arévalo Orbe Nro 677, Tarapoto
PRODUCTO	: Agua residual
MATRIZ	: Agua residual doméstica
NÚMERO DE MUESTRAS	: 8
PRESENTACIÓN DE LAS	: Frascos de plástico
MUESTRAS PROCEDENCIA DE LAS	: Muestras enviadas por el cliente
MUESTRAS PROCEDIMIENTO DE	: No Aplica
MUESTREO FECHA DE MUESTREO	: 2019-05-11
LUGAR DE MUESTREO	: San Martín - San Martín
REFERENCIA DEL CLIENTE	: Evaluación de especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS	: 2019-05-12
MUESTRAS FECHA DE EJECUCIÓN DE	: 2019-05-12
ENSAYO FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2019-05-19
ORDEN DE SERVICIO	: OS/L-19-05096

Callao, 23 de Mayo de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
<40409301>

C.I.P. 98232
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Se declara que los resultados emitidos en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Pág.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56911L/19-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

				P1: Punto de vertimiento de aguas residuales – Distrito Tarapoto	P2: Salida de Biofiltro
Estación de Muestreo					
Fecha de Muestreo				2019-05-11	2019-05-11
Hora de Muestreo				17:00	17:15
Código de Laboratorio				06067 00001	06067 00002
Matriz				ARD	ARD
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.		
Nitrato	mg/L NO3-	0.06	0.04	0.77	0.77
Fosfato (S)	mg/L PO4-3	0.008	0.003	22.170	8.838
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	339.4	89.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	468.9	163.5



Monitoreo 2: Toma de muestra de la actividad de remoción de las macrófitas acuáticas / 72 horas después de la primera toma.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56919L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO	: INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN	: N° LE - 031
CLIENTE	: KAROL PATRICIA RAMIREZ AMACIFUEN / MARIE ELIONOR PAREDES VASQUEZ
DIRECCIÓN	: Jr. Manuel Arévalo Orbe Nro 677, Tarapoto
PRODUCTO	: Agua residual
MATRIZ	: Agua residual doméstica
NÚMERO DE MUESTRAS	: 8
PRESENTACIÓN DE LAS	: Frascos de plástico
MUESTRAS PROCEDENCIA DE LAS	: Muestras enviadas por el cliente
MUESTRAS PROCEDIMIENTO DE	: No Aplica
MUESTREO FECHA DE MUESTREO	: 2019-05-14
LUGAR DE MUESTREO	: Morales - San Martín - San Martín
REFERENCIA DEL CLIENTE	: Evaluación de especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS	: 2019-05-15
MUESTRAS FECHA DE EJECUCIÓN DE	: 2019-05-15
ENSAYO FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2019-05-22
ORDEN DE SERVICIO	: OS/L-19-05096

Callao, 25 de Mayo de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
<40409301>

C.I.P. 98232
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Se declara que los resultados emitidos en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

<"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031

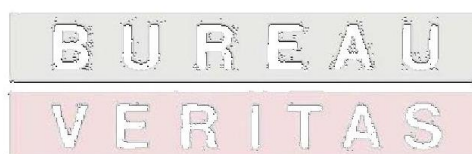


Pág.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56919L/19-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

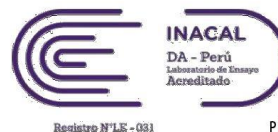
Estación de Muestreo		P3: Salida del sistema de Biofiltro - Pistia stratiotes / 72 Hrs		P4: Salida del sistema de Biofiltro - Echhornia crassipes / 72 Hrs	
Fecha de Muestreo		2019-05-14		2019-05-14	
Hora de Muestreo		10:30		10:30	
Código de Laboratorio		06075		06075	
Matriz		00001		00002	
		ARD		ARD	
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.		
Nitrato	mg/L NO3-	0.06	0.04	0.17	0.18
Fosfato (S)	mg/L PO4-3	0.008	0.003	8.546	16.873
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	70.3	92.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	180.1	184.3



Monitoreo 3: Toma de muestra de la actividad de remoción de las macrófitas acuáticas /
144 horas después de la primera toma.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 57045L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO	: INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN	: N° LE - 031
CLIENTE	: KAROL PATRICIA RAMIREZ AMACIFUEN / MARIE ELIONOR PAREDES VASQUEZ
DIRECCIÓN	: Jr. Manuel Arévalo Orbe Nro 677, Tarapoto
PRODUCTO	: Agua residual
MATRIZ	: Agua residual doméstica
NÚMERO DE MUESTRAS	: 8
PRESENTACIÓN DE LAS	: Frascos de plástico
MUESTRAS PROCEDENCIA DE LAS	: Muestras enviadas por el cliente
MUESTRAS PROCEDIMIENTO DE	: No Aplica
MUESTREO FECHA DE MUESTREO	: 2019-05-17
LUGAR DE MUESTREO	: Morales - San Martín - San Martín
REFERENCIA DEL CLIENTE	: Evaluación de especies macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Echhornia crassipes</i> en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS	: 2019-05-18
MUESTRAS FECHA DE EJECUCIÓN DE	: 2019-05-18
ENSAYO FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2019-05-25
ORDEN DE SERVICIO	: OS/L-19-05096

Callao, 30 de Mayo de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
<40409301>

C.I.P. 98232
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Se declara que los resultados emitidos en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.

> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

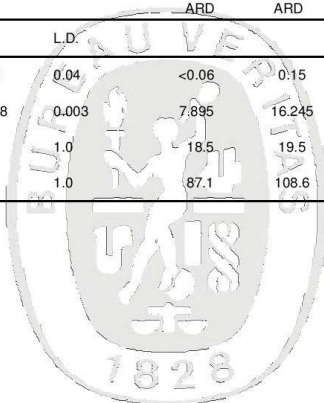


Pág.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 57045L/19-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo				P5: Salida del sistema de Biofiltro - Pistia stratiotes / 144 Hrs	P6: Salida del sistema de Biofiltro - Echhornia crassipes / 144 Hrs
Fecha de Muestreo				2019-05-17	2019-05-17
Hora de Muestreo				10:00	10:00
Código de Laboratorio				06198	06198
				00001	00002
Matriz				ARD	ARD
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.		
Nitrato	mg/L NO3-	0.06	0.04	<0.06	0.15
Fosfato (S)	mg/L PO4-3	0.008	0.003	7.895	16.245
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	18.5	19.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	87.1	108.6



**BUREAU
VERITAS**

Monitoreo 4: Monitoreo 2: Toma de muestra de la actividad de remoción de las macrófitas acuáticas / 216 horas después de la primera toma.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 57161L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN : N° LE - 031
CLIENTE : KAROL PATRICIA RAMIREZ AMACIFUEN / MARIE ELIONOR PAREDES VASQUEZ
DIRECCIÓN : Jr. Manuel Arévalo Orbe Nro 677, Tarapoto
PRODUCTO : Agua residual
MATRIZ : Agua residual doméstica
NÚMERO DE MUESTRAS : 8
PRESENTACIÓN DE LAS : Frascos de plástico
MUESTRAS PROCEDENCIA DE LAS : Muestras enviadas por el cliente
MUESTRAS PROCEDIMIENTO DE : No Aplica
MUESTREO FECHA DE MUESTREO : 2019-05-20
LUGAR DE MUESTREO : Morales - San Martín - San Martín
REFERENCIA DEL CLIENTE : Evaluación de especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Echhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un Sistema de Biofiltro en Aguas Residuales Domésticas.
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS : 2019-05-21
MUESTRAS FECHA DE EJECUCIÓN DE : 2019-05-21
ENSAYO FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019-05-28
ORDEN DE SERVICIO : OS/L-19-05096

Callao, 28 de Mayo de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company
<40409301>

C.I.P. 98232
JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Se declara que los resultados emitidos en este informe se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



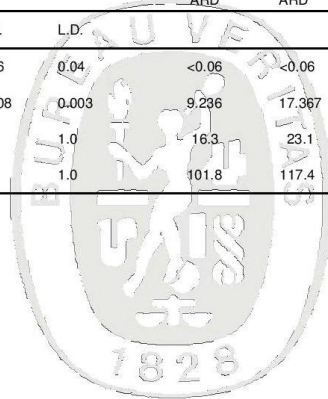
Registro N° LE - 031

Página

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 57161L/19-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo				P7: Salida del sistema de Biofiltro - Pistia stratiotes / 216 Hrs	P8: Salida del sistema de Biofiltro - Echhornia crassipes / 216 Hrs
Fecha de Muestreo				2019-05-20	2019-05-20
Hora de Muestreo				9:30	9:30
Código de Laboratorio				06303 00001	06303 00002
Matriz				ARD	ARD
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.		
Nitrato	mg/L NO3-	0.06	0.04	<0.06	<0.06
Fosfato (S)	mg/L PO4-3	0.008	0.003	9.236	17.367
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	16.3	23.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	101.8	117.4



**BUREAU
VERITAS**

**Análisis de la eficiencia de remoción del sistema de biofiltro con
macrófitas acuáticas**

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Primera Evaluación – filtro

P1 y P2: Vertimiento de aguas residuales y salida del filtro

Datos:

	Coliformes Totales (C.T)	Coliformes Termotolerantes (C.Ter)
C.a	1.6×10^{19}	1.6×10^{19}
C.e	3.5×10^{18}	2.4×10^{18}

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 3.5 \times 10^{18}}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{(16 - 3.5) \times 10^{18}}{16 \times 10^{18}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{12.5}{16} \right] \times 100$$

$$\%R = 78$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 2.4 \times 10^{18}}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{(16 - 2.4) \times 10^{18}}{16 \times 10^{18}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{13.6}{16} \right] \times 100$$

$$\%R = 85$$

Tabla 13

Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P1 y P2 - filtro

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
24 hrs	Vertimiento de aguas residuales	C. T	1.6×10^{19}	C. T 78%	81,5%
		C. Ter	1.6×10^{19}		
	Salida del filtro	C. T	3.5×10^{18}	C. Ter 85%	
		C. Ter	2.4×10^{18}		

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Segunda Evaluación – Reactor 2 y 3

P3: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /72 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 1.1 \times 10^{10}}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999989000}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,99999993125$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 7.0 \times 10^9}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999993000}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,99999995625$$

P4: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes* /72 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 3.3 \times 10^9}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999996700}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,99999997937$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 2.6 \times 10^9}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999997400}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,9999999835$$

Tabla 14

Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P3 y P4 – Reactor 2 y 3

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
72 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	C. T	1.1×10^{10}	99,99999993125%	99,99999994375%
		C. Ter	7.0×10^9	99,99999995625%	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	C. T	3.3×10^9	99,99999997937%	99,999999981435%
		C. Ter	2.6×10^9	99,9999999835%	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Tercera Evaluación – Reactor 2 y 3

P5: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /144 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 1.4 \times 10^7}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999986}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,999999999912$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 3.3 \times 10^6}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999967}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,999999999979$$

P6: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes*/144 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 2.0 \times 10^8}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{159999999998000}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,99999999875$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6 \times 10^{19} - 1.2 \times 10^8}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999880}{1.6 \times 10^{19}} \right] \times 100$$

$$\%R = 99,99999999925$$

Tabla 15

Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P5 y P6 – Reactor 2 y 3

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
144 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	C. T	1.4×10^7	99,999999999912 %	99,9999999999455%
		C. Ter	3.3×10^6	99,999999999979 %	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	C. T	2.0×10^8	99,99999999875 %	99,999999999%
		C. Ter	1.2×10^8	99,99999999925 %	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Cuarta Evaluación – Reactor 2 y 3

P7: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /216 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6x10^{19} - 4.9 x10^8}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999510}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = 99,999999999996937$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6x10^{19} - 4.9 x10^8}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999510}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = 99,999999999996937$$

P8: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes*/216 hrs

a) Coliformes Totales

$$\%R = \left[\frac{1.6x10^{19} - 3.2x10^7}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999968}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = 99,9999999998$$

b) Coliformes Termotolerantes

$$\%R = \left[\frac{1.6x10^{19} - 1.4 x10^7}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = \left[\frac{15999999999986}{1.6x10^{19}} \right] x 100$$

$$\%R = 99,99999999912$$

Tabla 16

Eficiencia de remoción de Coliformes totales y termotolerantes del P7 y P8 – Reactor 2 y 3

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
216 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	C. T	4.9x10 ⁸	99,999999999996937%	99,999999999996937%
		C. Ter	4.9x10 ⁸	99,999999999996937%	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	C. T	3.2x10 ⁷	99,9999999998%	99,999999999856%
		C. Ter	1.4 x10 ⁷	99,99999999912%	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

PARÁMETROS QUÍMICOS

Primera Evaluación – filtro

P1 y P2: Vertimiento de aguas residuales y salida del filtro

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.77)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{(0)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 0$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 89.1)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{250.3}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 73.747$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 8.838)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{13.332}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 60.135$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 163.5)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{305.4}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 65.131$$

Tabla 17

Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 24 horas de la incorporación del agua residual al sistema

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %		Promedio de remoción %	
24 hrs	Vertimiento de aguas residuales	Nitratos	0.77	Nitratos	0%	49.753 %	
		Fosfatos	22.170				
		DBO ₅	339.4	Fosfatos	60.135%		
		DQO	46 8.9				
	Salida del filtro	Nitratos	0.77	DBO ₅	73.747%		
		Fosfatos	8.838				
		Vertimiento de aguas residuales	DBO ₅	89.1	DQO		65.131%
			DQO	163.5			

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Segunda Evaluación – Reactor 2 y 3

P3: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /72 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.17)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.6}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 77.922$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 70.3)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{269.1}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 79.286$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 8.546)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{13.624}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 61.452$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 180.1)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{450.8}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 61.590$$

P4: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes* /72 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.18)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.59}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 76.623$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 92.5)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{246.9}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 72.946$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 16.873)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{5.297}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 23.892$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 184.3)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{284.6}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 60.695$$

Tabla 18

Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 72 horas de la incorporación del agua residual al sistema

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
72 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	Nitratos	0.17	77.922 %	70.062 %
		Fosfatos	8.546	61.452 %	
		DBO ₅	70.3	79.286 %	
		DQO	180.1	61.590 %	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	Nitratos	0.18	76.623 %	58.489%
		Fosfatos	16.873	23.892 %	
		DBO ₅	92.5	72.746 %	
		DQO	184.3	60.695 %	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Tercera Evaluación – Reactor 2 y 3

P5: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /144 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.06)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.71}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 92.207$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 7.895)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{14.278}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 64.388$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 18.5)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{320.9}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 94.549$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 87.1)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{981.8}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 81.424$$

P6: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes*/144 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.15)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.62}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 80.519$$

c) DBO5

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 19.5)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{319.9}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 94.254$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 16.245)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{5.925}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 26.725$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 108.6)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{360.3}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 76.839$$

Tabla 19

Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 144 horas de la incorporación del agua residual al sistema.

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
144 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	Nitratos	<0.06	92.207 %	83.142 %
		Fosfatos	7.895	64.388 %	
		DBO ₅	18.5	94.549 %	
		DQO	87.1	81.424 %	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	Nitratos	0.15	80.519 %	92.779 %
		Fosfatos	16.245	26.725 %	
		DBO ₅	19.5	94.254 %	
		DQO	108.6	76.839 %	

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Cuarta Evaluación – Reactor 2 y 3

P7: Salida del sistema – Remoción utilizando *Pistia stratiotes* /216 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.06)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.71}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 92.207$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 16.3)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{323.1}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 95.197$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 9.236)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{12.934}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 58.340$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 101.8)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{367.1}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 78.289$$

P8: Salida del sistema – Remoción utilizando *Eichhornia crassipes*/216 hrs

a) NITRATOS

$$\%R = \left[\frac{(0.77 - 0.06)}{0.77} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{0.71}{0.77} \right] \times 100$$

$$\% R = 92.207$$

c) DBO₅

$$\%R = \left[\frac{(339.4 - 23.1)}{339.4} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{316.3}{339.4} \right] \times 100$$

$$\% R = 93.193$$

b) FOSFATOS

$$\%R = \left[\frac{(22.170 - 17.367)}{22.170} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{4.803}{22.170} \right] \times 100$$

$$\% R = 21.664$$

d) DQO

$$\%R = \left[\frac{(468.9 - 117.4)}{468.9} \right] \times 100$$

$$\%R = \left[\frac{351.5}{468.9} \right] \times 100$$

$$\% R = 74.962$$

Tabla 20

Eficiencia de remoción de contaminantes en las primeras 216 horas de la incorporación del agua residual al sistema

Tiempo	Grupos experimentales	Parámetros	Concentración	Eficiencia de remoción %	Promedio de remoción %
216 hrs	Remoción de <i>Pistia stratiotes</i>	Nitratos	<0.06	92.207 %	81.008 %
		Fosfatos	9.236	58.340 %	
		DBO ₅	16.3	95.197 %	
		DQO	101.8	78.289 %	
	Remoción de <i>Eichhornia crassipes</i>	Nitratos	<0.06	92.207 %	70.506 %
		Fosfatos	17.367	21.664 %	
		DBO ₅	23.1	93.193 %	
		DQO	117.4	74.962 %	

Panel fotográfico

Zonas de ubicación del estudio

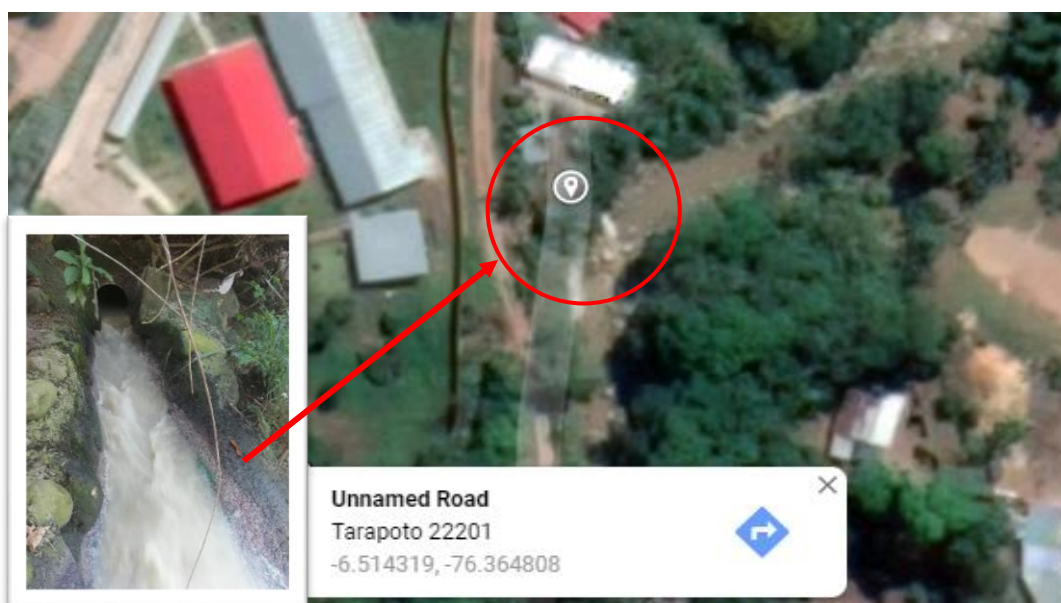


Figura 11: Punto de vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Tarapoto (Jr.Prolongacion Jorge Chavez 795 Barrio Huayco)

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018/ Google maps.



Figura 12: Zona de estudio (Prolongación alerta)

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018/ Google maps.

Diseño del sistema de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales

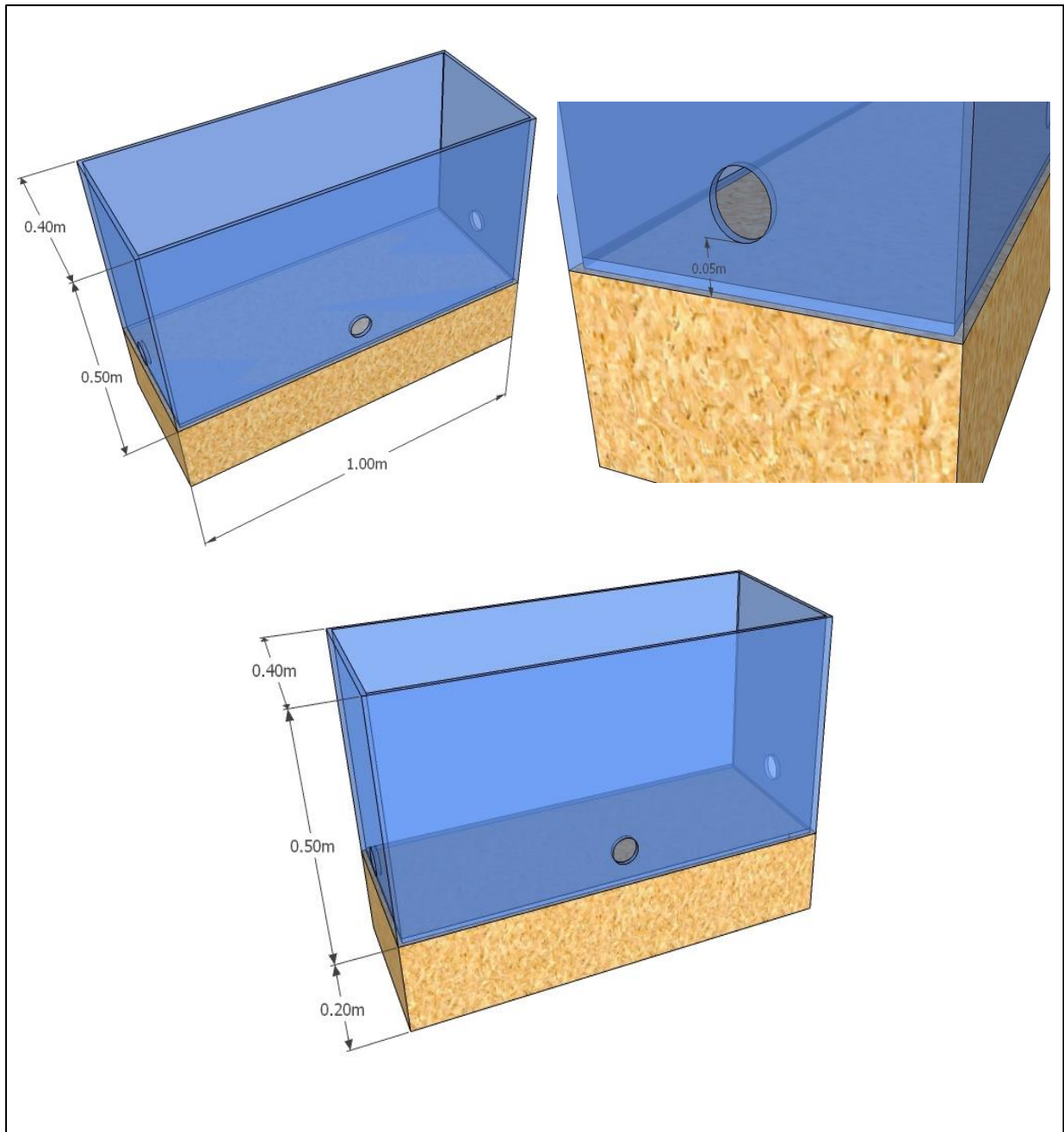


Figura 13. Medidas del filtro (primer reactor)

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018/ SketchUp: Software de diseño 3D.

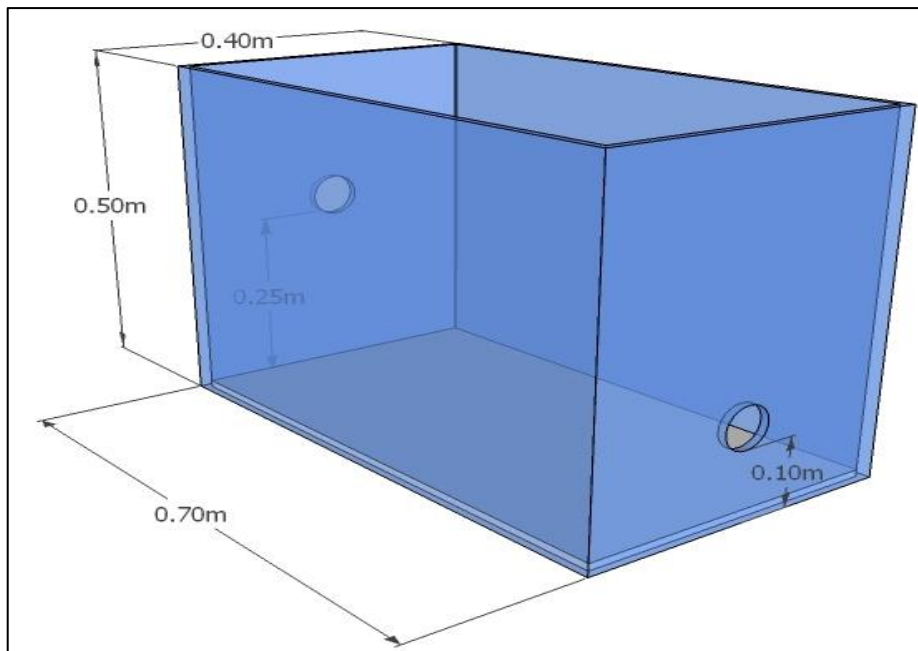


Figura 14. Medidas del segundo y tercer reactor con macrófitas acuáticas.

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018/ SketchUp: Software de diseño 3D.

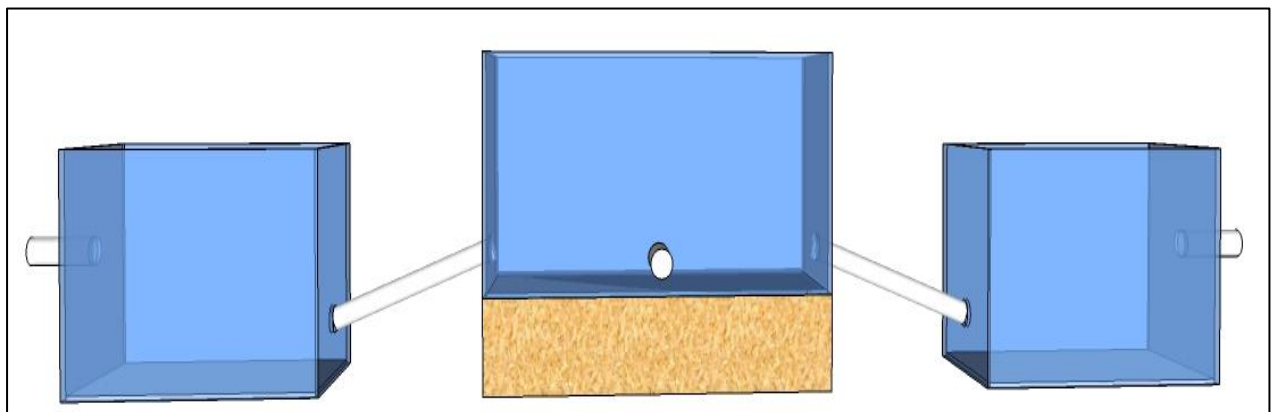





Figura 15. Sistema de distribución con materiales de PVC y vidrio

Fuente. Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018/ SketchUp: Software de diseño 3D.




Elaboración del sistema de biofiltro





Tabla 21

Materiales utilizados para la elaboración del sistema de biofiltro

Nº	MATERIALES	DESCRIPCIÓN
1		Reductores de 1 ½" a ¾"
2		Uniones con rosca y mixtas de 1 ½"
3		Válvula de paso de ¾"
4		Tuerca de doble entrada ¾"

5		Niples de 1 ½ x 2"
6		Tubo de 1 ½"
7		Galones de PVC de 30 litros
8		Madera, que sirve como base para el sistema de biofiltro.

9		<p>Recipientes de vidrio 1 → 100 x 40 x 50 2 → 70 x 40 x 50</p>
10		<p>Arena fina del río Cumbaza</p>
11		<p>Piedrilla de 1/8" del río Shilcayo</p>
12		<p>Piedra de 3/4" de los ríos Cumbaza y Shilcayo</p>






13		Piedra de 1" de los ríos Cumbaza y Shilcayo
14		Piedra de 1 ½" del río Cumbaza
15		Teflón
16		Tubo de silicona transparente

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Muestras enviadas al laboratorio

Tabla 22

Análisis físico, químico y microbiológico

N°	MATERIALES	DESCRIPCIÓN
1		Muestra llevada para análisis de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.
2		Muestra llevada para análisis de DBO ₅ , DQO, Nitratos y Fosfatos.
3		
4		Análisis de pH y Temperatura.
5		

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Determinación de pH y temperatura de aguas residuales



Figura 16. Trabajo en laboratorio

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 17. Obtención de datos de pH y temperatura de aguas residuales

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.

Sistema de biofiltro



Figura 18. *Instalación del sistema de biofiltro*

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 19. *Sistema de biofiltro*

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 20. *Estratos filtrantes del sistema*

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 21. Recipiente principal (filtro con agua residual)

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 22. Segundo recipiente con *Pistia stratiotes*

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018.



Figura 23. Tercer recipiente con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018

Autorización para la publicación electrónica de la tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo **Karol Patricia Ramírez Amacifuen**, identificado con DNI N° 72743847, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (**X**) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....


 FIRMA

DNI: 72743847

FECHA: 23 de octubre del 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo **Marie Elionor Paredes Vásquez**, identificado con DNI N° 71417431, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (**X**) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **“Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



 FIRMA

DNI: 71417431

FECHA: 23 de octubre del 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------


feedback studio

TESIS RYP 3

/0

13 de 15

Preparando la


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:
Karol Patricia Ramirez Amacifuen
Marie Elionor Paredes Vásquez

ASESOR:
MSc. Karina Ordóñez Ruiz

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Resumen de coincidencias

19 %

1	Entregado a Universida...	6 %
2	scielo.conicyt.cl	2 %
3	repositorio.untrm.edu.pe	1 %
4	repositorio.unsm.edu.pe	1 %
5	Entregado a Universida...	1 %
6	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
7	www.docstoc.com	1 %
8	Entregado a Escuela P...	<1 %
9	ri.uaemex.mx	<1 %
10	revistas.untrm.edu.pe	<1 %
11	corpocaldas.gov.co	<1 %
12	revistas.upeu.edu.pe	<1 %
13	www.scribd.com	<1 %

Acta de aprobación de originalidad de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Mg. Tania Arévalo Lazo, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto, revisor (a) de la tesis titulada

"Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018", de la estudiante Karol Patricia Ramírez Amacifuen, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Tarapoto, 03 de diciembre del 2019.

Mg. Tania Arévalo Lazo
DNI: 44086934

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

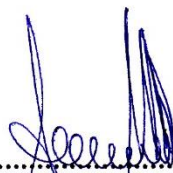
	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Mg. Tania Arévalo Lazo, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto, revisor (a) de la tesis titulada

"Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018", de la estudiante Marie Elionor Paredes Vásquez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Tarapoto, 03 de diciembre del 2019.



Mg. Tania Arévalo Lazo
DNI: 44086934

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL:

Ing. Tania Arévalo Lazo

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Karol Patricia Ramírez Amacifuen

INFORME TITULADO:

“Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: **03 de Julio del 2019**

NOTA O MENCIÓN: **14**





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL:

Ing. Tania Arévalo Lazo

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Marie Elionor Paredes Vásquez

INFORME TÍTULADO:

"Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: **03 de Julio del 2019**

NOTA O MENCIÓN: **15**

